



EESTI MAAÜLIKOOL  
Põllumajanduse- ja keskkonnainstituut

**Iris Leit**

**GENOTÜÜBI JA VÄETAMISE MÕJU  
MUSTIKAVILJADE KEEMILISELE KOOSTISELE  
MAHEVILJELUSE TINGIMUSTES**

**THE INFLUENCE OF GENOTYPE AND FERTILISATION  
ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF  
BLUEBERRIES IN ORGANIC FARMING CONDITIONS**

Magistritöö  
Aianduse õppekava

Juhendaja: Marge Starast, *PhD*

Tartu 2017

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Iris Leit		Õppekava: Aiandus	
Pealkiri: Genotüübi ja väetamise mõju mustikaviljade keemilisele koostisele maheviljeluse tingimustes			
Lehekülgi: 46	Jooniseid: 10	Tabeleid: 6	Lisasid: 0
Osakond: Aianduse Uurimisvaldkond: 1.6. Põllumajandusteadus Juhendaja: Marge Starast, <i>PhD</i> Kaitsmiskoht ja -aasta: Tartu, 2017			
<p>Tootjatele on paremaks protsessi planeerimiseks vajalik erinevate sortide valik, samas tarbijad ootavad tervislikke marju, mis on kõrgete antioksüdatiivsete omadustega ja maitsvad.</p> <p>Antud töö eesmärgiks oli uurida genotüübi ja kahe maheviljelusse lubatud väetise mõju kultuurmustika viljade biokeemilisele koostisele mahajäetud freesturbavälja tingimustes. Eesmärkide saavutamiseks analüüsiti 2016. aastal Marjasoo talus katses oleva 10 genotüübi vegetatiivseid näitajaid ja 5 genotüübi viljade biokeemilist koostist.</p> <p>Uurimuse hüpotees oli sõnastatud järgnevalt: kultuurmustika genotüüp ja kasutatud kaks väetist mõjutavad erinevalt nende marjade biokeemilist koostist maheviljeluse tingimustes. Lisaks omavad genotüüp ja väetised koosmõju mustikate biokeemilisele koostisele. Hüpoteesid leidsid kinnitust vaid osaliselt – väetistel erinevat mõju ega genotüübiga koosmõju marjade biokeemilisele koostisele ei leitud. Genotüüp mõjutas kõiki uuritud biokeemilisi näitajaid.</p> <p>Katses olnud kümnest genotüübist võib esile tõsta viis, millelt hoolimata ebasobivatest ilmastikutingimustest saadi saaki, need olid kloonid 7-03, 10-13, 10-00, 20-00 ja 23-00.</p> <p>Genotüüp mõjutas viljade massi, suurust ja biokeemilisi omadusi. Marja parameetrite suurenedes suurenes ka vilja mass ning suhkrute sisaldus. Orgaanilisi happeid oli kõige vähem kloonil 7-03 ja enim kloonil 20-00 marjades. Antioksüdatiivsete omadustega ühendite sisalduse poolest eristusid kaks kloonil 10-13 ja 20-00.</p>			
Märksõnad: Kultuurmustikas, vilja mass, suhkrud, orgaanilised happed, fenoolide üldsisaldus, antotsüaanid, askorbiinhape			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Iris Leit		Speciality: Horticulture	
Title: The influence of genotype and fertilisation on the biochemical composition of blueberries in organic farming conditions			
Pages: 46	Figures: 10	Tables: 6	Appendixes: 0
Department: Horticulture Field of research: 1.6 Agricultural research Supervisor: Marge Starast, <i>PhD</i> Place and date: Tartu, 2016 Tartu, 2017			
<p>The choice between different varieties is important for producers in order to better plan the process, and at the same time consumers expect healthy berries which have high antioxidants content and a great taste.</p> <p>The goal of the thesis at hand is to research the effect of genotype and the two allowed fertilisers in organic farming to the biochemical composition of blueberry cultures when grown in the conditions of a harvested peat fields. To achieve said goals, the author analysed the vegetative indicators of 10 genotypes tested in Marjasoo farm in 2016 and the biochemical composition of genotypes of 5 different fruits.</p> <p>The research hypothesis was worded as follows: the genotype of blueberry cultures and the two fertilisers used, affect the biochemical composition differently in organic production conditions. In addition, the genotype and fertilisers have interaction on the biochemical composition of blueberries. The hypotheses found only partial confirmation as the fertilisers had no separate effects either with or without the genotype and had no interaction to the biochemical composition of berries. Genotype affected all researched biochemical indicators.</p> <p>Out of the ten genotypes used in the experiment, we can highlight five, which bore berries despite the unsuitable climatic conditions, which were the clones 7-03, 10-13, 10-00, 20-00, and 23-00.</p> <p>Genotype affected the mass of the berries, their size, and biochemical properties. When the parameters of the berry increased, so did the mass of the berry as did the sugar content. The least amount of organic acids was in the clone 7-03 and the most in the berries of the clone 20-00. Two clones (10-13 and 20-00) differentiated from the rest by their antioxidants content.</p>			
Keywords: Blueberries, fruit mass, sugars, organic acids, total phenolic content, anthocyanins, ascorbic acid			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
TÄNUAVALDUSED .....	7
1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE .....	8
1.1. Kultuuris kasvatatavad mustikaliigid .....	8
1.2. Mustikate keemiline koostis.....	9
1.2.1. Kuivaine ja sahhariidid.....	9
1.2.2. Orgaanilised happed.....	11
1.2.3. Fenoolsed ühendid.....	11
1.3. Mustikate maheviljelemine ja tootmises kasutatud looduslikud väetised.....	13
1.4. Erikoidne mükoriisa .....	17
2. MATERJAL JA METOODIKA .....	19
2.1. Katse koht ja taimmaterjal.....	19
2.2. Katses kasutatud väetised.....	20
2.3. Katseaasta ilmastik.....	21
2.4. Katsetööd.....	22
3. TULEMUSED.....	25
3.1. Marja mass, kõrgus ja läbimõõt .....	25
3.2. Vilja rakumahla kuivainesisaldus.....	26
3.3. Orgaanilised happed ja pH .....	27
3.4. Rakumahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe.....	29
3.5. Askorbiinhape .....	29
3.6. Fenoolide üldsisaldus .....	30
3.7. Antotsüaanid .....	31
3.8. Mulla pH, taimede vegetatiivne kasv ja talvekahjustused.....	32
4. ARUTELU .....	34
KOKKUVÕTE.....	37
KASUTATUD KIRJANDUS .....	39
THE INFLUENCE OF GENOTYPE AND FERTILISATION ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLUEBERRIES IN ORGANIC FARMING CONDITIONS .....	45

## SISSEJUHATUS

Nõudlus mustikate järele kasvab terves maailmas ja Euroopa liidus pidevalt. Euroopa Liidu sisene värskete ja külmutatud mustikate müügikäive oli 2014. aastal vastavalt 400,9 miljonit US dollarit ja 836,7 miljonit US dollarit ning käibe kasv aastatel 2010–2014 vastavalt 20,4% ja 6,9% (Agriculture... 2016). Lisaks imporditi Euroopa Liitu 2014. aastal 285,3 miljoni US dollari väärtuses värsked mustikad. Ülemaailmselt oodatakse mustikate müügi kasvu 2018. aastaks, võrreldes 2013. aastaga kuni 40%.

Eestis kasvatatakse tootmisistandikes peamiselt ahtalehiseid mustikaid ja hübriidmustikate sorte 'Northblue' ja 'Northcountry', mis valmivad enam-vähem ühel ajal ja see piirab tootjatel korjeperioodi ning realiseerimisega. Samuti on oluline marjade kvaliteet ja nende biokeemiline koostis, mis annab turustatavatele marjadele lisaväärtuse. Seega on sordiaretuses oluline leida kõrgete fenoolsete ühendite sisaldusega ja samal ajal tarbijatele sobivate maitseomadustega sorte, mis valmiks hiljem kui praegu tootmises kasvatatavad sordid.

Pidevalt suureneb tarbijate nõudlus mahedalt toodetud värskete marjade järele ning Eesti kultuurmustikate kasvatajad lähevad üha enam üle mahetootmisele. Eestis kasutatakse kultuurmustikate kasvatamiseks mahajäetud freesturbavälju, mis tänu oma kõrge orgaanilise aine sisaldusele ja madalale pH-le sobivad just nendele taimedele, kuid sisaldavad taimedele omastatavaid toitaineid vähe (Tasa jt 2012, Noormets jt 2002). Seetõttu on kvaliteetse ja kõrge saagi saamiseks vajalik lisaväetamine. Eestis mahetootmisesse lubatud ja turul saadaolevate väetiste hulgas on vähe selliseid, mis sobivad kultuurmustikatele.

Vastavalt eelnevale sõnastati magistritöö eesmärk ja hüpoteesid. Antud magistritöö eesmärgiks oli uurida genotüübi ja kahe maheviljelusse lubatud väetise mõju kultuurmustika biokeemilisele koostisele mahajäetud freesturbavälja tingimustes.

Hüpoteesid. Kultuurmustika genotüüp ja kasutatud kaks väetist mõjutavad statistiliselt oluliselt nende viljade biokeemilist koostist maheviljeluse tingimustes. Lisaks omavad genotüüp ja väetised koosmõju mustikate biokeemilisele koostisele.

## **TÄNUAVALDUSED**

Soovin tänada oma juhendajat Marge Starastit abi ja toetuse eest.

Suur tänu vanemlaborant Tiina Rikkile nõu ja jõu eest.

Uurimistööd toetas projekt „Mustikasortide aretus“ (T10036PKAI).

# 1. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

## 1.1. Kultuuris kasvatatavad mustikaliigid

Perekond *Vaccinium* on mitmeaastased puittaimed kanarbikuliste *Ericaceae* sugukonnast (Vander Kloet 1988). Muuhulgas kuuluvad sellesse perekonda Ameerika mandrilt pärit ning meil kultuurmustikadena tuntud erinevad liigid, nagu ahtalehine mustikas *Vaccinium angustifolium* Aiton, kännasmustikas *V. corymbosum* L. ning ahtalehise- ja kännasmustika hübriid – poolkõrge mustikas *V. × atlanticum* E. P. Bicknell.

**Ahtalehine mustikas** *V. angustifolium* Aiton. Taimed on 10–60 cm kõrged, levivad maa-aluste võsunditega, mis kasvatavad tiheda, mitmemeeetrise läbimõõduga klooni (Vander Kloet 1988). Noored võrsed on rohelised või pruunid, võivad olla siledad või kaetud karvakestega. Lehed on elliptilised, pikkusega 15–41 mm. Lehtede pealmine pind on sile, alumisel poolel võib olla üksikuid karvu, värvus varieerub rohelisest sinikasroheliseni. Umbes 4 mm pikkuste kellukjate õite värvus on valgest roosani, õiepungad moodustuvad õisiku võrse tippudesse. Marjad on suhteliselt väikesed, läbimõõduga kuni 12 mm, värvus hallikassinisest mustjassiniseni. Ahtalehist mustikat kasvatatakse tema looduslikel levialadel poolkultuurina ehk istandikke ei ole rajatud, vaid taimedele luuakse paremad kasvutingimused (puude raiumisega parandatakse valgustingimusi, taimi väetatakse, iga kahe aasta järel taimed niidetakse või põletatakse maha, et vältida okste harunemist). Ahtalehine mustikas võrreldes teiste kultuurmustika liikidega on võimeline kasvama madalama niiskusega ja väiksema orgaanilise aine sisaldusega muldadel (White ja Klingeman 2014). Eestis on ahtalehiselt mustikalt saadud kuni 1 kg vilju põõsa kohta (Karp jt 2008).

**Kännasmustikas** (*V. corymbosum* L.). Põõsad on 1–5 m kõrged, erinevalt ahtalehisest mustikast tavaliselt maa-aluste võsunditega ei levi (Starast jt 2005, Vander Kloet 1988). Ovaalsed lehed on kuni 75 mm pikad, pealt siledad, alt karvakestega, leheservad võivad olla nii terved kui sakilised. Õied varieeruvad valgest roosani, harva on need punased. Õied



asuvad kännastes. Õiekroon on silinderjas või kellukjas. Marjade läbimõõt on 4–12 mm, värv hallikassinisest kuni mustjassiniseni.

2008. aastal Lõuna-Eestis kogutud andmete põhjal oli kännasmustika taimede kasv põhjamaades oluliselt väiksem kui lõunapoolsetel aladel, viieaastaste taimede kõrgus oli 60–96 cm ja laius 61–81 cm (Starast jt 2009). Enamiku sortide viljad valmisid juuli keskpaigas. Vilja mass varieerus 1,0–3,7 g ja hektarisaak ulatus 6,9 tonnini. Võrdluseks võib tuua, et Poolas sordil 'Bluecorp' mõõdeti viieaastaste taimede kõrguseks 107 cm (Wach 2008).

**Poolkõrge mustikas** (*V. × atlanticum* E. P. Bicknell) on ahtalehise- ja kännasmustika hübriid, mis aretati külmemas kliimas kasvatamiseks (Luby jt 1986, Strik jt 2014). Taimed on püstise kasvukujuga ja nende kõrgus on 0,9–1,2 meetrit. Enamik õiepungi jääb allapoole lumepiiri ja on seetõttu kaitstud külmakahjustuste eest. Poolkõrge mustika sordid taluvad külma kuni 25 °C.

Eesti katsetes on leitud, et poolkõrge mustika sordid 'Northblue' ja 'Northcountry' sobivad Eesti kliimatingimustes kasvatamiseks (Starast 2008). Poolkõrge mustikas sobib kasvatamiseks nii mineraal- kui turvasmullal, kuid suurema saagi on põõsad andnud kõrge orgaanilise aine sisaldusega turvasmuldadel (Tasa jt 2012). Sort 'Northcountry' kasvab 45–80 cm kõrguseks põõsaks (Luby jt 1986, Starast 2008). Marjad on magusa maitsega, kaaluvad 0,8–1,0 g ja valmivad Eestis augusti alguses. Sordil 'Northblue' valmivad viljad juuli lõpuks, marja keskmine mass on 1,5–2,5 g. Sordilt 'Northblue' on saadud 1–3 kg marju ja sordilt 'Northcountry' 0,9–2 kg põõsa kohta.

## 1.2. Mustikate keemiline koostis

### 1.2.1. Kuivaine ja sahhariidid

Mustika viljades oli keskmiselt kuivainet 13,6 g/100 g toormassis (Skrede jt 2011). Võrdluseks võib tuua samas uuringus määratud Lõuna-Norras kasvanud õunte kuivaine sisalduse, mis oli 12,6 g/100 g toormassis ja mustades sõstardes 18,6 g/100 g toormassis.

Kuivaine sisalduses ei olnud olulist erinevust hariliku ja kännasmustika nelja sordi vahel (mõlema keskmine 13,6 g/100 g toormassis), kuid andmed varieerusid harilikul mustikal 11,3–15,0 ja kännasmustikal 11,9–16,9 g/100 g toormassis.

Kuivaine sisaldus sõltub nii mustika liigist, sordist kui kasvukeskkonnast. Starast jt (2007) analüüsisid ahtalehise mustika, hariliku mustika ja kahe poolkõrge mustika sordi 'Northblue' ja 'Northcountry' marjade kuivaine sisaldust. Hariliku mustika marjad kasvasid looduslikes tingimustes, ahtalehise mustika viljad mineraal- ja turvasmullal, poolkõrge mustika sordid mineraalmullal. Kuivaine sisaldus oli kõrgem mineraalmullal kasvanud ahtalehisel mustikal (15,8 g/100 g) ja sordil 'Northcountry' (16,5 g/100 g) ning madalam hariliku mustika (11,0 g/100 g) ja turvasmullal kasvanud ahtalehise mustika marjades (9,8 g/100 g).

Mahlas lahustunud kuivainet (°Brix) määrati harilikul mustikal 10,7 g/100 g ja kultuurmustika neljal sordil keskmiselt 13,4 g/100 g (Starast jt 2007). Põhja-Eestis saadi kaheaastases põldkatses ahtalehise mustika mahlas lahustunud kuivaine sisalduseks esimesel aastal 12–14 g/100 g ja teisel aastal 9–11 g/100 g (Albert jt 2011). Selles katses ilmnis aastatest ja manustatud väetistest tingitud oluline erinevus marja koostisainete vahel.

Kirjanduse andemetel kasvab vilja küpsemisel ahtalehise mustika mahlas lahustunud kuivainete sisaldus enam kui kolm korda (4,4 → 13,9%) ja samal ajal tiitritavate hapete sisaldus langeb peaaegu kolm korda (1,2 → 0,37%, väljendatud sidrunhappena) (Ismail ja Kender 1974, Ayaz jt 2001).

Ayaz jt (2001) katses võrreldud kolmes küpsemisfaasis (toored, keskmises küpsuses ja küpsed viljad) leiti marjadest nii glükoosi kui fruktoosi, kuid sahharoosi ainult küpsetest viljadest. Täisküpsuses oli harilikus mustikas üldsuhkrute sisaldus 63,9% kuivainest. Eestis kasvatatud marjadel mõõdeti keskmiseks glükoosi sisalduseks 3,7 g/100 g ja 3,5 g/100 g toormassis (Starast jt 2007). Madalaima suhkrusisaldusega olid hariliku mustika marjad, glükoosi määrati enim sordil 'Northcountry' ja fruktoosi ahtalehisel mustikal. Wang jt (2008) andmetel sisaldasid maheviljeluses kasvatatud kännasmustika sordi 'Bluecorp' viljad 20% enam suhkruid kui tavaviljeluses kasvatatud marjad.

Marja mahlas lahustunud kuivaine sisaldust on võimalik suurendada väetades taimi booriga (Wojcik 2005). Autor kasutas kahel aastal nii juurekaudset kui -välist väetamist. Mõlema väetusvariandi puhul tõusis kuivaine sisaldus statistiliselt oluliselt, kuid suurema efekti andis lehekaudne väetamine. Larco jt (2013) andmetel omastavad taimed boori kiiremini sulejahust kui kalaemulsioonist valmistatud väetistest. Kui booriga väetamisel saab vilja suhkrute sisaldust tõsta, siis lämmastikuga liigväetamisel kuivaine sisaldus väheneb (Bryla jt 2012).

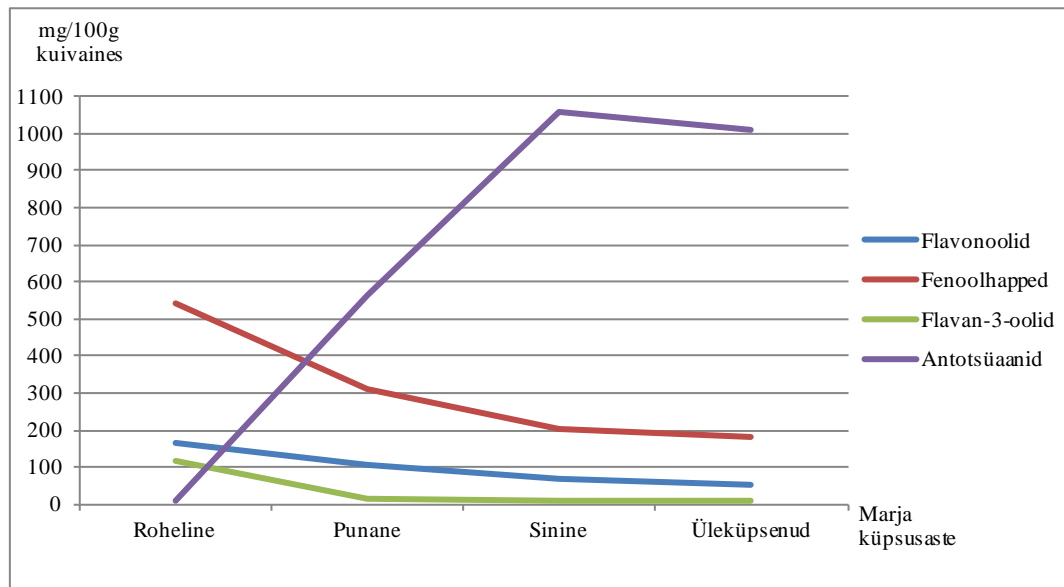
### **1.2.2. Orgaanilised happed**

Marjade maitseomadused sõltuvad lisaks suhkrute sisaldusele orgaanilistest hapetest. Mustikate puhul varieerub orgaaniliste hapete vahekord suurtes piirides ja sõltub taime genotüübist (Ehlenfeldt jt 1994). Mustikad sisaldasid sidrunhapet, õunhapet, merevaikhapet ja kiinahapet. Kännasmustikates leidis tiitritavatest hapetest 75% sidrunhapet (11,4 mg/g toormassis), silmmustikas oli aga enim merevaik hapet (50,4%; 11,1 mg/g toormassis). Võrreldes musta sõstra ja punase sõstra viljadega sisaldavad mustikad kuni 10 korda vähem tiitritavaid happeid, karusmarjade ja maasikatega võrreldes on need aga ligilähedaselt samal tasemel (Skrede jt 2011).

### **1.2.3. Fenoolsed ühendid**

Mustikad sisaldavad fenoolseid ühendeid, nagu antotsüanidiinid, klorogeenhape, flavonoolid jt, tänu millele need marjad on kõrgete antioksidatiivsete omadustega (Määttä-Riihinen jt 2005). Gibsoni juhitud töörühm (2013) analüüsis ahtalehise mustika viljade fenoolide sisaldust kui marjad olid kolmes küpsusastmes, nende antioksidatiivset aktiivsust ja erinevaid füüsikalisi-keemilisi parameetreid. Viljade kolmeks küpsusastmeks võeti vastavalt marja värvile roheline, roosa/punane, sinine ning neljandaks astmeks üleküpsenud (mari oli pehme või krimpsus, marja epiderm võis olla lõhenenud). Flavonooli, flavaan-3-ooli ja fenoolhapete sisaldus oli suurim rohelistes marjades (168 kuni 543 mg/100 g kuivaines). Kõrgeim antotsüaniinide sisaldus oli sinistes ja üleküpsenud marjades (vastavalt 1060 ja 1011 mg/100 g kuivaines). Muutuste trend on toodud joonisel 1. Fenoolhapetest leidis enim klorogeenhapet ja flavonoolidest kvartsetiin-3-O-

galaktosiidi kõigis neljas küpsusastmes. Flavaan-3-oolidest oli rohelistes viljades enim epikatheiini ja teistes küpsusastmetes katehhiini. Marjade küpsemisel suurenes nendes glükoosi ja fruktoosi ning vähenes orgaaniliste hapete sisaldus. Orgaanilistest hapetest oli marja erinevates ontogeneesi järkudes enim kiinahapet (1,7–9,5 mg/100 mg kuivaines). Marjade valmimisel suurenesid mahlas lahustunud kuivaine sisaldus (°Brix), pH ja marja kuivaine sisaldus, samal ajal tiitritavate hapete sisaldus vähenes.



**Joonis 1.** Ahtalehise mustika marjade fenoolide sisalduse muutus marjade küpsemisel. Autori koostatud Gibsoni jt (2013) andemete põhjal

Hiinas analüüsiti kuue kultuurmustika sordi antotsüaanide sisaldust (Li jt 2016). Katses oli kolm kännasmustika sorti ('Duke', 'Bluecrop' ja 'Spartan') ning kolm poolkõrge mustika sorti ('Northland', 'Northblue' ja 'St. Cloud'). Marjad korjati kahel aastal (2013 ja 2014) neljast Hiina piirkonnast. Sortide antotsüaanide üldsisaldus varieerus 108 kuni 300 mg/100g toormassis (sisaldus väljendati tsüanidiin-3-glükosiidi järgi). Antotsüaanide sisaldus oli poolkõrge mustika sortides kõrgem kui kännasmustikatel. Kännasmustikatest oli pisut kõrgem sisaldus sordil 'Duke' (271,0 mg/100 g), poolkõrgetel mustikatel sordil 'Northblue' (297,0 mg/100 g). Kahe aasta võrdluses sortidel olulist erinevust ei leitud.

Li jt (2016) tegid spektrofotomeetriliselt kindlaks 13 antotsüaani olemasolu kõikide sortide viljades. Antotsüanidiinidest leidis enim malvidiini (41% üldsisaldusest), delfinidiini (33,1%) ja petunidiini ning vastavatest glükosiidsetest vormidest malvidiin-3-galaktosiidi (15,1%), delfinidiin-3-galaktosiidi (15,1%) ja malvidiin-3-glükosiidi (14,9%).

Häkkinen ja Törrönen (2000) võrdlesid Kesk- ja Edela-Soomes kasvatatud nelja kultuurmustika sordi ('Northcountry', 'Northblue', 'Arne' ja 'Tumma') ning lisaks looduslikes tingimustes kasvanud hariliku mustika *V. myrtillus* ja sinika *V. uliginosum* fenoolide sisaldust. Kõikidest uuritud sortidest ja liikidest leiti kvartsetiini, müritsetiini ja kohvhapet, harilikus mustikas lisaks veel *p*-kumariinhapet. Kõrgeim nimetatud fenoolsete ühendite summaarne sisaldus oli sinikas (31,7 mg/100 g toormassis). Kultuurmustikatest oli enim neid fenoolseid sordil 'Tumma' (9,2 mg/100 g toormassis) ja madalaim sordil 'Northcountry' (4,4 mg/100 g). Väikest erinevust täheldati sortide 'Northcountry' ja 'Northblue' puhul fenoolsete ühendite tasemes kui võrreldi Kesk- ja Edela-Soomes kasvatatud marju.

Ameerika ühendriikides võrdlesid Connor jt (2002) kahe aasta jooksul genotüübi, aasta ja asukoha mõju kuueteistkümmne kannasmustika sordi antioksüdatiivsete omadustega bioaktiivsete ühendite sisaldusele. Katselapid asusid Minnesota, Michigani ja Oregoni osariikides. Analüüside tulemusel leiti, et genotüüp omab olulist mõju sekundaarsete metaboliitide akumulatsioonile mustikate marjades, sealjuures fenoolsete ühendite üldsisaldus varieeruda sorditi 444–604 mg/100g. Samas aastast ja kasvukohast tulenev varieeruvus oli väiksem kui sordist tulenev. Autorid ei toonud välja agrotehnilistest võtetest, vegetatsiooniperioodi temperatuurist ega ultraviolettkiirgusest tulenevaid erinevusi.

### **1.3. Mustikate maheviljelemine ja tootmises kasutatud looduslikud väetised**

Tootmisistandikes on võimalik mustikate saagikust suurendada väetamisega. Aastatel 2001–2003 mineraalmullal läbiviidud väetuskatses suurenes ahtalehise mustika saak kahes erinevas kasvukohas 336 g ja 41 g taime kohta (Starast jt 2007). Ammendatud freesturbaväljal suurenes ahtalehise mustika väetamisel saak kolm kuni kaheksa korda võrreldes väetamata variandiga (Vahejõe jt 2010).

Ammendatud freesturbaväljad sobivad kultuurmustikate kasvatamiseks nii happelise mulla, selle kõrge orgaanilise aine sisalduse kui ka hea õhustatuse tõttu. Samuti on madala pH-ga muld umbrohtude arenguks ebasoodne ja annab väiksema umbrohutõrje vajaduse

tõttu parema võimaluse maheviljeluseks. Lisaks kiirendab kultuurmustikate kasvatamine ammendatud freesturbaväljadel loodusliku koosluse taastumist (Tasa jt 2015).

Mulla pH mõjutab mustikal toiteelementide omastamist mullast. Optimaalne pH mustikate kasvatamiseks on 4,0–5,5, silmmustikale on sobivam pH 4,2–5,0 (Retamales ja Hancock 2012, Hart jt 2006). Liiga kõrge pH korral muutuvad taimede lehed kollaseks, jäävad väikseks ja võivad enneaegselt variseda. Hart jt (2006) leidsid veel, et taime areng ei pruugi pH sobivamaks muutmisel enam taastuda. Liiga kõrge pH puhul on täheldatav peamiselt Fe, Mn ja Cu puudus. Vajadusel saab kasvusubstraati muuta happelisemaks väevli lisamisega (Retamales ja Hancock 2012). Madalama kui pH 4,0 korral soovivad Hart jt (2006) mulla happesust vähendada lubjakivijahuga, kuid Paal jt (2011) andmetel vähenes turbamulla lubjakivijahuga neutraliseerimisel mustika vegetatiivne kasv ja suurenes umbrohtumus.

Mustikate mahekasvatases on täheldatud mulla pH muutuseid sõltuvalt nii kasutatavatest väetistest kui multšist. Larco jt (2013) katses leiti, et kalaemulsiooni (pH = 5,5) lisamisel oli mulla pH madalam kui sulejahu (pH = 5,1) kasutamisel. Butterfly jt (2013) uurisid põldkatsetes kolme taime mõju substraadi pH-le. Taimedeks valiti raps (*Brassica napus* L.), harilik kikerhernes (*Cicer arietinum* L.) ja harilik nisu (*Triticum aestivum* L.). Taimejäänused tõstsid mulla pH-d kuni 10 cm sügavusel kuid täpsemad muutused sõltusid esialgselt mulla koostisest ja taime liigist. Sullivan jt (2014) leidsid, et orgaaniliste lisandite pH peaks olema alla 5,5 ja lahustuvate soolade tase madal. Selliste omadustega on vähesed kompostimaterjalid – näiteks männikoor ja turvas. Eestis katsetati väetist Algomin (2,5-0,2-0,2), mille koostises on palju erinevaid mineraalaineid, kõrge kaltsiumi ja magneesiumi sisaldus kuid suhteliselt kõrge pH (8,2) (Starast jt 2014). Selle väetise kasutamine nelja aasta jooksul vähendas oluliselt mulla happesust (pH 3,5 → 5,2).

Orgaanilised multšid aitavad parandada mullastruktuuri, vähendada vee aurumist, suurendada orgaanilise aine sisaldust, vähendada umbrohtumist ning kaitsta juurestikku suurte temperatuuri kõikumiste korral (Retamales ja Hancock 2012). Tuleb aga silmas pidada, et multšimisel vähendab nt komposti (pH = 7,3) ja saepuru (pH = 4,2) kooskasutamine mulla happesust (Larco jt 2013).

Kanadas Nova Scotias läbiviidud kolmeaastases põldkatses väetati kaht poolkõrge mustika sorti 'Polaris' ja 'Chippewa' viie erineva väetisega (Warman ja Shanmugam 2008). Väetiste variantidena kasutati: 1) lutsernijahu, fosforiidijahu ja puutuhka; 2) NPK väetist [uurea (45-0-0), superfosfaat (0-20-0) ja potas (0-0-60)]; 3) tahketest olmejäätmetest valmistatud komposti; 4) loomsetest kõrvalsaadustest tehtud komposti; 5) sõnnikust ja haljastusjäätmetest valmistatud komposti. Mullaanalüüsidest erinesid tulemused sortide vahel. Kolme aasta jooksul mõjutasid kõik väetusvariandid mulla pH-d – NPK väetis suurendas ja olmejäätmetest valmistatud kompost vähendas happesust. Leheanalüüsidest lämmastiku, kaaliumi, kaltsiumi ja väävli sisalduses väetusvariantide vahel statistiliselt olulist erinevust ei leitud. Mikroelementide – Cu, Zn ja Fe taset erinevad väetusvariandid ei mõjutanud. Erinevusi ühe aasta saagikuses erinevate väetusvariantide ja kahe uuritud sordi vahel ei täheldatud.

Miller jt (2006) andmetel mõjusid silm- ja kännasmustika noortaimede kasvule mahe- ja mineraalväetised erinevalt. Potikatses kasutatud merevetikatest biostimulaatorit saanud taimede leheanalüüsidest oli madalam nii lämmastiku kui fosfori tase ja mõnedel lehtedel täheldati puuduse sümptomeid. Mineraalväetiste puhul oli võrsete kasv kuni kolm korda suurem võrreldes maheväetist saanud taimedega. Autorid pidasid oluliseks ühtlast ja pidevat noortaimede väetamist madala kontsentratsiooniga väetisega, et tagada taimede optimaalne kasv, kuid orgaaniliste väetiste kasutamisel oli see keeruline. Kuid teiste autorite andmetel oli silmmustika väetamisel vihmaussisõnnikuga taime vegetatiivne kasv ja saak suurem, võrreldes mineraalväetist saanud variandiga, samuti oli marjade antotsüaanide sisaldus kõrgem (Panicker jt 2009).

Larco jt (2013) leidsid Oregonis 2006. aastal rajatud pikaajalises katses, et kännasmustika sordid reageerisid maheväetistele erinevalt. Kalaemulsioon tõstis sordi 'Duke' saagikust oluliselt rohkem kui sulejahu samal lämmastiku tasemel. Kalaemulsioon suurendas mulla fosfori, kaaliumi ja vase ning lehtede fosfori ja kaaliumi taset, lisaks alanes mulla pH. Sulejahu kasutamisel oli kõrgem saagikus sordil 'Liberty' võrreldes sordiga 'Duke'. Kõrgem saagikus oli taimedel madalama lämmastiku taseme juures, kui väetisi lisati normiga N 29 kg/ha ja 57 kg/ha.

Üks peamisi mustikate maheväetamise probleeme on taimedele tarviliku koguse toiteelementide tagamine sünkroonselt põõsa kasvu ja viljade valmimisega. Suurima koguse lämmastiku omastavad kännasmustika taimed õitsemise lõpust kuni viljade

valmimiseni (Throop ja Hanson 1997). Toiteelementide omastatavus sõltub maheväetise koostisest, välistemperatuurist, mulla omadustest ja niiskustasemest ning kasutatavast agrotehnikast (Gaskell ja Smith 2007). Lisaks taimedele piisava koguse toiteelementide andmisele tagab optimaalne väetamine väetiste leostumise vältimise ja efektiivsema majandamise.

Paljud maheväetised, nagu verejahu, sulejahu ja kalajahu on kiiresti laguneva lämmastikuihendite sisaldusega ja seetõttu on nendest komponentidest taimedele kättesaadava lämmastiku kogus vegetatsiooniperioodi alguses suurem võrreldes näiteks erinevatest sõnnikutest ja kompostidest aeglasemalt eralduva lämmastikuga. Sullivan jt (2014) soovivad mustikataimedele anda komposti, milles süsiniku ja lämmastiku suhe on 1:12...25. Seitsme komposti võrdluses leidsid autorid, et mustikatele ei sobi näiteks hobuse- või lehmasõnnikust ega münditaimedest valmistatud kompost nende kõrge pH ja elektrijuhtivuse näitajate tõttu.

Mustikatel on ammooniumlämmastiku omastamise tase kõrgem kui nitraatlämmastiku omastamine. Katses, milles mõõdeti kännasmustika sordi 'Sharpblue' lämmastiku omastamist oli  $\text{NH}_4^+$  akumulatsioon taimes 48 tunni jooksul peaaegu 2 korda kõrgem kui  $\text{NO}_3^-$  akumulatsioon (vastavalt 79 mg ja 40 mg) (Merhaut ja Darnell 1996). Poonnachit ja Darnell (2004) võrdlesid kahe mustika liigi – kännas- ja puismustika (*V. arboreum* Marshall) nitraat- ja ammooniumlämmastiku omastamist hüdropoonikas. Mõlemad liigid akumulēerisid enam ammoonium- kui nitraatlämmastikku, kuid puismustika taimed omastasid nitraatlämmastikku paremini ja nitraadi reduktaas toimus kiiremini võrreldes kännasmustikaga.

Mustikatel on suhteliselt madal fosfori vajadus ja tavaliselt selle aine puudust ei esine. Erandiks võivad olla taimed, mis kasvavad väga happelises substraadis, liivmuldadel ja muldadel, mille fosforisisaldus on algselt väga madal (Retamales ja Hancock 2012). Palju fosforit sisaldavad orgaanilised väetised on näiteks erinevate loomade sõnnik, kompostid, kondijahu (Nelson ja Janke 2007). Probleemiks on lämmastiku ja fosfori omavaheline suhe orgaanilises väetises. Noortele mustikataimedele soovitatakse vahetada 100:6,5 ja täiskasvanud taimedele 100:9 ehk lämmastiku kogus peaks olema fosforist 10–15 korda suurem (Bryla jt 2012, Retamales ja Hancock 2012). Samas Nelson ja Janke (2007) kogutud andmetel varieerub erinevate sõnnikute lämmastiku ja fosfori suhe 1,9–4,2 ning



kompostide puhul 1,1–6,7. Gaskelli ja Smithi (2007) andmetel sobivad sule-, vere- ja kalajahust valmistatud orgaanilisi väetisi, mille N ja P suhe on üle 11.

#### **1.4. Erikoidne mükoriisa**

Peamiselt kasvavad erikoidset mükoriisat moodustavad taimed kõrge happesuse ja madala mineraalsete toiteainete sisaldusega muldadel (Smith ja Read 2008). Kanarbikulaadsete seltsi kuuluvate taimede juured on väga väikese läbimõõduga ja rohkelt harunenud, neil puuduvad üherakulised juurekarvad. Bonfante-Fasolo ja Gianinazzi-Pearson (1979) andmetel on toitaineid absorbeerivate juurte läbimõõt alla 50 µm ja pikkus kuni 1 mm.

Mustikate juurte 1. kuni 3. taseme ehk kõige väiksema läbimõõduga juured on kaetud erikoidset mükoriisat moodustavate seene hüüfidega, mis tungivad taimerakku, kuid ei moodusta arbuskult, vaid hüüfikeerde (Valenzuela-Estrada jt 2008, Smith ja Read 2008). Juure pinnal on suhteliselt hõre seenevõrgustik ja seene hüüfid ulatuvad juurtest vaid mõne millimeetri kaugusele.

Happelisi muldi, mis on mustikate looduslikele kasvukohtadele omased, iseloomustab madal toitainete, eriti mineraalse lämmastiku ja fosfori tase (Read 1996). Sellistes muldades on orgaanilise aine sisaldus kõrge, kuid orgaaniliste ühendite koosseisus on toiteelemendid taimedele peamiselt kättesaamatul kujul. Erikoidset mükoriisat moodustavad seened on võimelised omastama nii ammoonium- kui nitraatlämmastikku, lagundama mono- ja polümeere ning muutma nendes sisalduvat lämmastikku taimedele omastatavaks. Lisaks mõjutab erikoidne mükoriisa mikroelementide nagu näiteks raud, omastamist mustikate poolt (Shaw jt 1990).

Kasurinen ja Holopainen (2001) andmetel oli hariliku mustika mikroseenega koloniseerituse tase kõrgem kui kultuursortidel 'Northblue' ja 'Northcountry'. Lisaks mõjutasid koloniseeritust kasvusubstraadi omadused. Sarnasele järeldusele jõudsid ka Czesnik ja Eynard (1989). Nende andmetel oli mikroseeente arv suurem taimedel, mis kasvasid kõrge orgaanilise aine, lämmastiku ja fosfori sisaldusega substraadis, mille pH = 4,5, kui kõrgema pH-ga ja madalama lämmastiku ja fosfori sisaldusega muldadel.

Scagel ja Young (2005) leidsid, et silmmustika ja kännasmustika väetamisel lämmastikuga seenjuure areng enamikul sortidel vähenes kuni 15 cm sügavusel substraadis ja ei muutunud 15 cm sügavamal. Erinevate multšide kasutamine suurendas juurseene arengut enam kui 15 cm sügavusel substraadis. Starast jt (2006) andmetel suurendas mikroseente levikut taime juurtel musta plastikmultši kasutamine.

Lisaks erikoidsele mükoriisale on kännasmustika sorte nakatatud kandseene *Agrocybe praecox* niidistikuga, mis lagundab ligniini (Vohnik jt 2012). Ligniini koostises on lagunemata taimejäänustes kuni 50% seotud lämmastikust. Seenega nakatatud taimedel oli 30 kuud hiljem suurem vegetatiivne kasv ja kuivaine sisaldus kui kontrollvariandil, mis arvati olevat põhjustatud ligniini lagundamisest.

## 2. MATERJAL JA METOODIKA

### 2.1. Katse koht ja taimmaterjal

Ahtalehise (*Vaccinium angustifolium* Ait.) ja poolkõrge mustika (*Vaccinium × atlanticum* E.P.Bicknell) kloonide võrdluskatse rajati Tartu maakonda, Vehendi külla, Marjasoo talu maadele mahajäetud freesturbaväljale (58°5'49,84'' N, 26°11'52,67'' E) 4. juunil 2010. a, millel on rabamuld (R''') turbakihi tusedusega üle 100 cm. Antud turbamullal on kõrge orgaanilise aine sisaldus (85%) ja madal  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 2,6$  (Tasa jt 2012).

Istutusmaterjalina kasutati ühe aasta vanuseid mikropaljundatud taimi. Kloonide tähised ja päritolu on toodud tabelis 1. Taimed istutati vahekaugusega 1 m ja reavahega 2 m. Katse oli kolmes korduses, igas korduses 3 taimet. Kloonid paiknesid katses randomiseeritult.

**Tabel 1.** Kloonide tähised ja algmaterjali päritolu

Kloon	Päritolu
7-03	Kanadast Nova Scotiast saadud ahtalehise mustika seemik (istutus 1999. a.)
10-13	Kanadast Nova Scotiast saadud ahtalehise mustika seemik (istutus 1999. a.)
8-05	Kanadast Nova Scottiast Prince Edward'i saarelt leitud poolkõrge hübriidi seemik aastast 2000
10-00	Kanadast Nova Scottiast Prince Edward'i saarelt leitud poolkõrge hübriidi seemik aastast 2000
8-04	Kanadast Nova Scottiast Prince Edward'i saarelt leitud poolkõrge hübriidi seemik aastast 2000
29-03	Kanadast Nova Scottiast Prince Edward'i saarelt leitud poolkõrge hübriidi seemik aastast 2000
12-02	Kanadast Nova Scottiast Prince Edward'i saarelt leitud poolkõrge hübriidi seemik aastast 2000
20-00	poolkõrge mustika sordi 'Northblue' seemik aastast 1997
20-02	poolkõrge mustika sordi 'Northblue' seemik aastast 1997
23-00	poolkõrge mustika sordi 'Northblue' seemik aastast 1997

## 2.2. Katses kasutatud väetised

Mustikate väetamiseks kasutati ettevõtte MeMon BV väetiseid Monterra Malt 4,5-2,5-8 (töös kasutatud ka lühendatult 4,5-2,5-8) ja Monterra Malt 9-1-4 (töös kasutatud ka lühendatult 9-1-4). Mõlemaid graanulväetiseid on lubatud kasutada mahetootmises.

**Monterra Malt 4,5-2,5-8** on valmistatud taimse päritoluga toormest, nagu vinass, melass, kakao, viinamarja ja linnase tootmisjäägid (Monterra Malt 2017). Kuivainesisaldus on 90% ning orgaanilise aine sisaldus 65%. Väetise  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = \text{u } 6$ , elektri juhtivus = 10,0 mS/cm

**Monterra Malt 9-1-4** on valmistatud loomsest ja taimsest algmaterjalist. Lisaks vinassile, melassile, kakao, viinamarja ja linnase tootmisjääkidele sisaldab väetis luu- ja sulejahu. Kuivainesisaldus 90%, orgaanilist ainet on 75%. Väetise  $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}} = \text{u } 6$ , elektri juhtivus = 4,0 mS/cm. Mõlema väetise toitainete sisaldus on toodud tabelis 2.

**Tabel 2.** Katses kasutatud väetiste toiteainete ja –elementide sisaldus

Toiteaine või -element	Monterra Malt 4,5-2,5-8	Monterra Malt 9-1-4
<b>Makoelemendid, %</b>		
Üldlämmastik	4,5	9,0
• orgaaniline lämmastik	4,0	8,1
• amooniumlämmastik	0,5	0,9
Üldfosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ )	2,5	1,0
• vees lahustuv fosfor	1,0	0,7
• neutraalses ammooniumsitraadis lahustuv fosfor	0,7	0,9
Kaalium ( $\text{K}_2\text{O}$ )	8,0	4,0
Magneesium ( $\text{MgO}$ )	0,8	0,3
Väävel (S)	1,4	3,0
Kaltsium ( $\text{CaO}$ )	4,0	2,0
<b>Mikroelemendid, mg/kg kuivaines</b>		
Raud (Fe)	400	380
Mangaan (Mn)	40	40
Boor (B)	15	15
Molübdeen (Mo)	1,2	1
Koobalt (Co)	0,3	0,2
<b>Raskmetallid, mg/kg kuivaines</b>		
Arseen (As)	<3	<3
Kaadium (Cd)	1,0	<0,3
Kroom (Cr)	<10	<10
Vask (Cu)	35	10
Elavhõbe (Hg)	<0,1	<0,05
Nikkel (Ni)	<5	<5

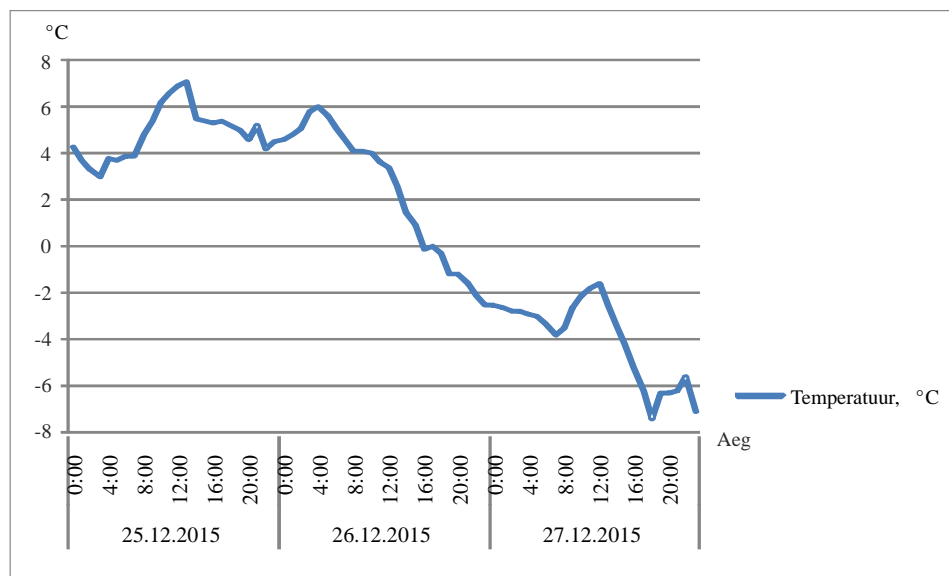
Toiteaine või -element	Monterra Malt 4,5-2,5-8	Monterra Malt 9-1-4
Tina (Pb)	<5	<5
Tsink (Zn)	130	75
<b>Muud</b>		
Naatrium (Na <sub>2</sub> O), % kogumassist	1,8	0,1
Kloor (Cl), % kogumassist	0,1	0,2

## 2.3. Katseaasta ilmastik

Ilmastiku andmed pärinevad Keskkonnaagentuuri Tartu-Tõravere meteoroloogiajaamast, mis on katsealale kõige lähem ilmavaatluspunkt (Riigi Ilmateenistus). Olulist osa 2016. aasta saagi kujunemisel mängis temperatuuride kõikumine eelneval talvel – kui 25. detsembril 2015 oli õhutemperatuur 7,0 °C, siis 27. detsembriks langes see alla -7 °C (tabel 3, joonis 2). Sarnaseid järske languseid oli veel jaanuari lõpus ja veebruarikuus. Detsembrikuus lumikate puudus ja jaanuaris-veebruaris oli lund vähe. Sellise temperatuuri languse korral on suur tõenäosus, et taimede pungad saavad kahjustada.

**Tabel 3.** Keskmised õhutemperatuurid ja sademete summad oktoober 2015 kuni september 2016 ja aastate keskmine 1981–2010. Riigi Ilmateenistuse Tartu-Tõravere meteoroloogia-jaama andmete (Riigi Ilmateenistus) põhjal koostanud autor

Aasta ja kuu	Keskmine õhu- temperatuur, °C	Aastate keskmine õhutemperatuur, °C 1981–2010	Sademetes summa, mm	Aastate keskmine sademetes summa, mm 1981–2010	Lumikatte paksus, cm
<b>2015</b>					
Oktoober	4,9	6,1	8,4	69	-
November	3,8	0,3	58,6	53	1,5
Detsember	2,5	-3,3	56,5	49	-
<b>2016</b>					
Jaanuar	-9,2	-4,6	54	48	9,7
Veebruar	0,6	-5,3	73	35	8,1
Märts	-0,2	-1,0	29	38	6,9
Aprill	5,9	5,5	70	30	-
Mai	14,1	11,5	2	55	-
Juuni	16,3	15,0	207	84	-
Juuli	18,2	17,6	86	72	-
August	16,3	16,2	104	86	-
September	12,5	11,0	15	61	-



**Joonis 2.** Temperatuur 25. kuni 27. detsember 2015. Riigi Ilmateenistuse Tartu-Tõravere meteoroloogiajaama andmete (Riigi Ilmateenistus) põhjal koostanud autor

## 2.4. Katsetööd

Iga klooni taimi väetati kahes väetusvariandis ja kolmes korduses 11. mail 2016 arvestusega väetist  $100 \text{ g/m}^2$ . Igas korduses oli kolm taime. Väetisnormi arvutamisel arvestati tootja soovitusi ja taimede seisukorda.

Mullaproovid võeti katsealalt 11. mail 2016, reaktsioon määrati hiljem Eesti Maaülikooli aianduse osakonna laboratooriumis õhkkuiva mulla ja KCl suspensiooni lahusest, kolme korduse keskmisena. Lisaks hinnati samal ajal talvekahjustusi skaalal 1 (väga väike kahjustus) kuni 9 (kõik varred kahjustunud) palli.

SPAD näidud määrati kahel korral. Esimene näit pärast õitsemist 9. juunil ja teine saagikoristuse ajal 2. augustil 2016. Mõõtmiseks kasutati klorofüllimõõtjat SPAD-502 (tootja Konica Minolta, INC). Igalt kloonilt valiti lehed võrse keskmisest osast, 20 lehte kolmes korduses, kokku 60 lehte variandis.

2. augustil 2016 mõõdeti joonlauaga iga põõsa läbimõõt (cm) piki ja risti rida ning kõrgus maapinnast taime kõrgeima tipuni. Võrsete puhul loetleti maapinnast lähtuvad võrsed (tk), mis olid pikemad kui 15 cm (potentsiaalsed uued põhioksad).

Saak koristati 2. augustil 2016. aastal. Viljade mõõtmiseks ja kaalumiseks valiti igast katsevariandist juhuslikult keskmised 10 marja kolmes korduses (kokku 30 marja). Vilja massi (g) saamiseks marjad kaaluti, selleks kasutati firma KERN & SOHN GmbH kaalu EMB 600-2 (maksimaalne mass 600 g, täpsus 0,01 g). Marja pikkus ja laius (mm) mõõdeti firma ProsKit elektroonilise nihkkaliibriga.

Lehtedel mõõdeti pikkus ja laius (mm) ning pindala (mm<sup>2</sup>). Iga kloonitaimedelt võeti 3 korduses 10 lehte (kokku 30). Mõõtmiseks kasutati firma ADC Biscientific LTD lehepinna mõõturit Area Meter AM 100.

Ebasoodsate talviste ilmastikuolude tõttu saadi laboratoorseteks analüüsideks piisavalt marju viielt kloonilt (kloon 7-03, 10-13, 10-00, 20-00 ja 23-00). Marjade vähesuse tõttu ei analüüsitud ka saagikust.

Marjade biokeemilise koostise saamiseks analüüsiti 3. augustil värsked marju. Proovide ettevalmistamiseks purustati u 200 g marju saumikseriga ühtlaseks massiks, analüüsid teostati kolmes korduses. Viljamassi pH määrati pH-meetriga HD 2156.1 (tootja Delta OHM S.r.L). Selleks asetati pH-meetri sensor 3 minutiks marjamassi ja seejärel loeti näit. Vilja rakumahla kuivaine (suhkrute sisaldus) määramiseks kasutati refraktomeetrit Pocket Pal-1 (firmalt Atago CO., Ltd.), tulemus avaldati protsentides.

Orgaaniliste hapete üldsisaldus (%) määrati tiitrimisel 0,1 N NaOH-ga. Üldsisaldus väljendati sidrunhappena. Lisaks arvutati rakumahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv, mida Kelt jt (1997) on iseloomustanud järgmiselt: kui see arv on <12...15, siis inimene tunneb haput maitset, kui aga üle 12...15, siis magusat maitset. Askorbiinhappesisaldus (vitamiin C) määrati tiitrimise teel 2,6-diklorofenoolindofenooliga (titraator EasyPlus<sup>TM</sup> firmalt Mettler-Toledo International Inc.), tulemus avaldati mg-des 100 g kohta.

Fenoolide üldsisaldust määrati Folin-Ciocalteu meetodil spektrofotomeetriga UVmini-1240 lainepikkusel 765 nm. Kalibratsioonigraafiku alusel arvutati fenoolide sisaldus, mis väljendati gallushappena mg-des 100 grammi värskete marjade kohta.

Antotsüaanide sisalduse määramiseks kasutati spektrofotomeetrit UVmini-1240 (tootja Shimadzu Corporation). Lahuste optilised tihedused määrati lainepikkustel 510 nm ja

700 nm, puhverlahuste pH 1,0 ja pH 4,5 juures. Antotsüaanide sisaldus väljendati tsüanidiin-3-glükosiidi järgi mg-des 100 g kohta.

Katseandmete töötlemiseks kasutati t-testi, ühe- ja kahefaktorilist dispersioonanalüüsi (tekstis kasutatud ka lühendit ANOVA – *Analysis of variance* ), *post-hoc* testina Tukey testi (erinevad tähed näitavad ühe väetise lõikes statistilist erinevust) ja korrelatsioonanalüüsi vabavaralises andmetöötlusprogrammis R (RStudio, versioon 1.0.44) ning tabelarvutusprogrammis MS Excel 2010. Toodud andmed näitavad aritmeetilist keskmist  $\pm$ standardviga, kui ei ole mainitud teisiti.



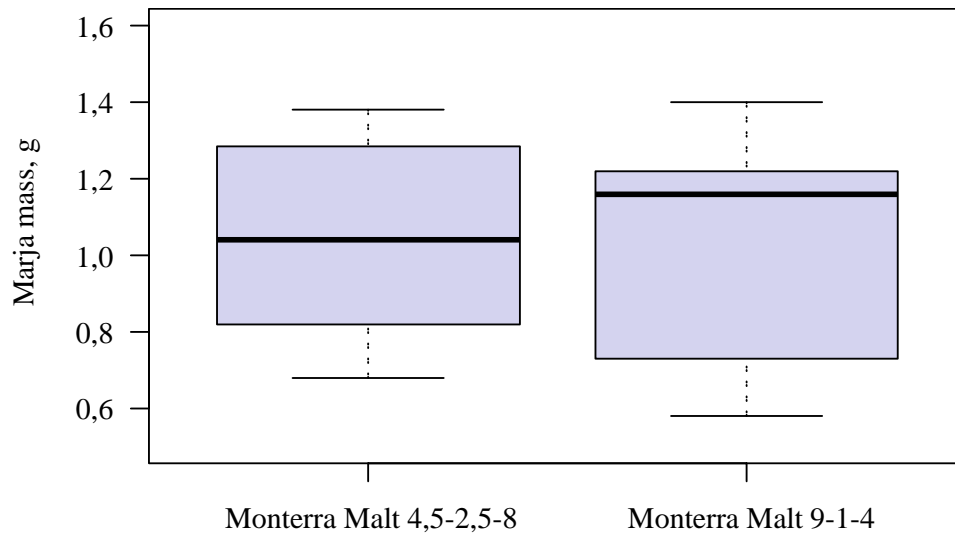
### 3. TULEMUSED

#### 3.1. Marja mass, kõrgus ja läbimõõt

Mõõdetud marjade mass varieerus  $0,63 \pm 0,02$  grammist (ahtalehise mustika kloon 7-03, väetis Monterra Malt 9-1-4) kuni  $1,33 \pm 0,03$  grammini (poolkõrge hübriidmustika kloon 10-00, väetis 4,5-2,5-8) (tabel 4). Marja massi, kõrgust ja läbimõõtu mõjutas oluliselt genotüüp (ANOVA, vastavalt  $F_{1,28} = 11,62$ ;  $p = 0,002$ ;  $F_{1,28} = 27,37$ ;  $p = 1,47 \times 10^{-5}$ ;  $F_{1,28} = 17,98$ ;  $p = 0,0002$ ). Väetise 4,5-2,5-8 kasutamisel oli marjade keskmine mass  $1,04 \pm 0,06$  g ja väetise 9-1-4 puhul  $1,01 \pm 0,07$  g (joonis 3). Kahel kasutatud väetisel viljade massile statistiliselt oluliselt erinevat mõju ei leitud (t-test,  $t = 0,33$ ;  $p = 0,75$ ).

**Tabel 4.** Marjade parameetrid ( $\pm$ standardviga) sõltuvalt genotüübist ja kasutatud väetisest. Ühe väetise lõikes sarnaste tähtedega tähistatud katsevariandid ei ole statistiliselt erinevad (Tukey test,  $p < 0,05$ )

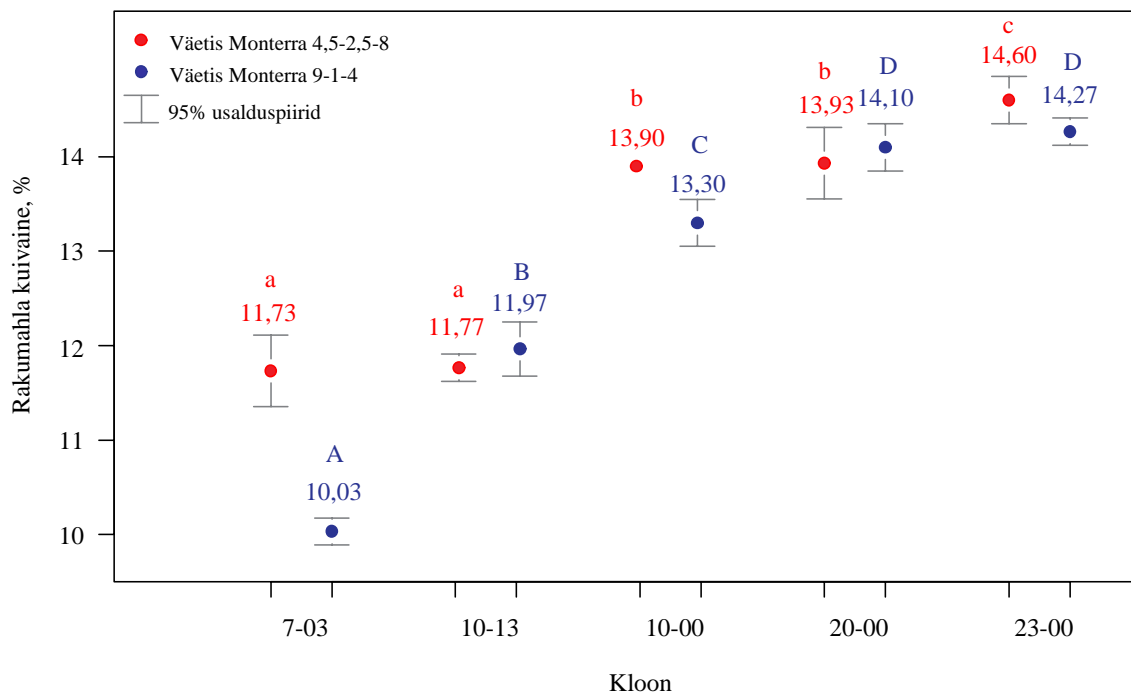
Kloon	Väetis	Marja mass, g	Marja kõrgus, mm	Marja läbimõõt, mm
10-13	4,5-2,5-8	$0,81 \pm 0,02^b$	$9,13 \pm 0,14^{bc}$	$11,15 \pm 0,13^{bc}$
	9-1-4	$0,75 \pm 0,05^{BC}$	$8,62 \pm 0,19^B$	$10,99 \pm 0,33^{BC}$
7-03	4,5-2,5-8	$0,74 \pm 0,04^b$	$8,98 \pm 0,22^c$	$10,50 \pm 0,23^c$
	9-1-4	$0,63 \pm 0,02^C$	$8,63 \pm 0,11^B$	$9,99 \pm 0,22^C$
20-00	4,5-2,5-8	$1,25 \pm 0,04^a$	$10,52 \pm 0,17^a$	$13,66 \pm 0,07^a$
	9-1-4	$1,26 \pm 0,04^A$	$10,45 \pm 0,08^A$	$13,59 \pm 0,14^A$
23-00	4,5-2,5-8	$1,07 \pm 0,05^{ab}$	$10,01 \pm 0,22^{ab}$	$12,57 \pm 0,30^{ab}$
	9-1-4	$1,15 \pm 0,06^{AB}$	$10,22 \pm 0,21^A$	$12,99 \pm 0,21^{AB}$
10-00	4,5-2,5-8	$1,33 \pm 0,03^a$	$10,21 \pm 0,12^a$	$13,51 \pm 0,05^a$
	9-1-4	$1,26 \pm 0,07^A$	$9,89 \pm 0,15^A$	$13,29 \pm 0,15^A$



**Joonis 3.** Marja keskmine mass sõltuvalt kasutatud väetisest. Karbi servad näitavad ülemist ja alumist kvartiili, tume joon karbis mediaani, vurrud valimi maksimum- ja miinimumväärtuseid

### 3.2 Vilja rakumahla kuivainesisaldus

Rakumahla kuivainesisaldus oli genotüüpide lõikes statistiliselt oluliselt erinev (ANOVA,  $F_{1,28} = 50,64$ ;  $p = 9,63 \times 10^{-8}$ ), andmed on toodud joonisel 4. Kasutades väetist 4,5-2,5-8 oli rakumahla kuivainesisalduse protsent kõrgeim poolkõrge mustika ‘Northblue’ kloonil 23-00 ( $14,60 \pm 0,06\%$ ) ja väikseim ahtalehise mustika kloonidel 7-03 ( $11,73 \pm 0,09\%$ ) ja 10-13 ( $11,77 \pm 0,03\%$ ). Väetisega 9-1-4 oli kõrgeim kuivainesisaldus kloonidel 23-00 ( $14,27 \pm 0,03\%$ ) ja 20-00 ( $14,10 \pm 0,06\%$ ), mõlemad olid paljundatud poolkõrge mustika ‘Northblue’ seemikust. Väikseim kuivainesisaldus oli samuti kloonil 7-03 ( $10,03 \pm 0,03\%$ ). Marja rakumahla kuivaine oli tugevas positiivses korrelatsioonis marja massi, kõrguse ja läbimõõduga (vastavalt  $r = 0,85$ ,  $r = 0,82$  ja  $r = 0,91$ ,  $p < 0,05$ ) (joonis 10).



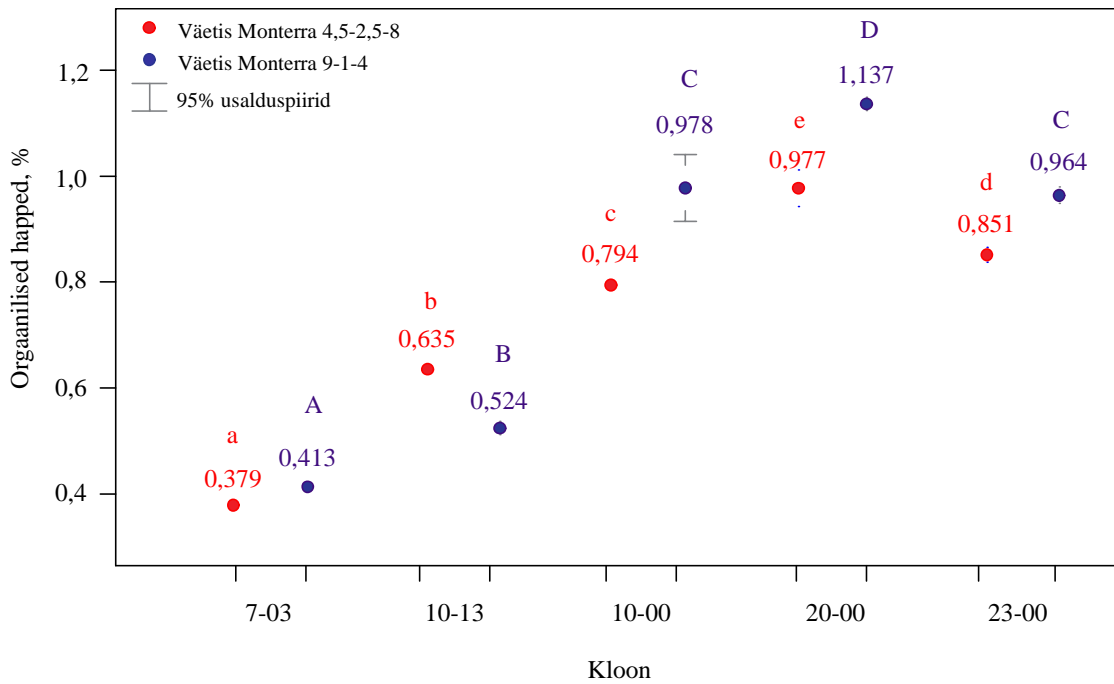
**Joonis 4.** Rakumahla kuivaine sisaldused sõltuvalt genotüübist ja kasutatud väetisest. Punktid koos arvvärtusega tähistavad aritmeetilist keskmist. Ühe väetise lõikes sarnaste tähtedega tähistatud katsevariandid ei ole statistiliselt erinevad (Tukey test,  $p < 0,05$ )

### 3.3 Orgaanilised happed ja pH

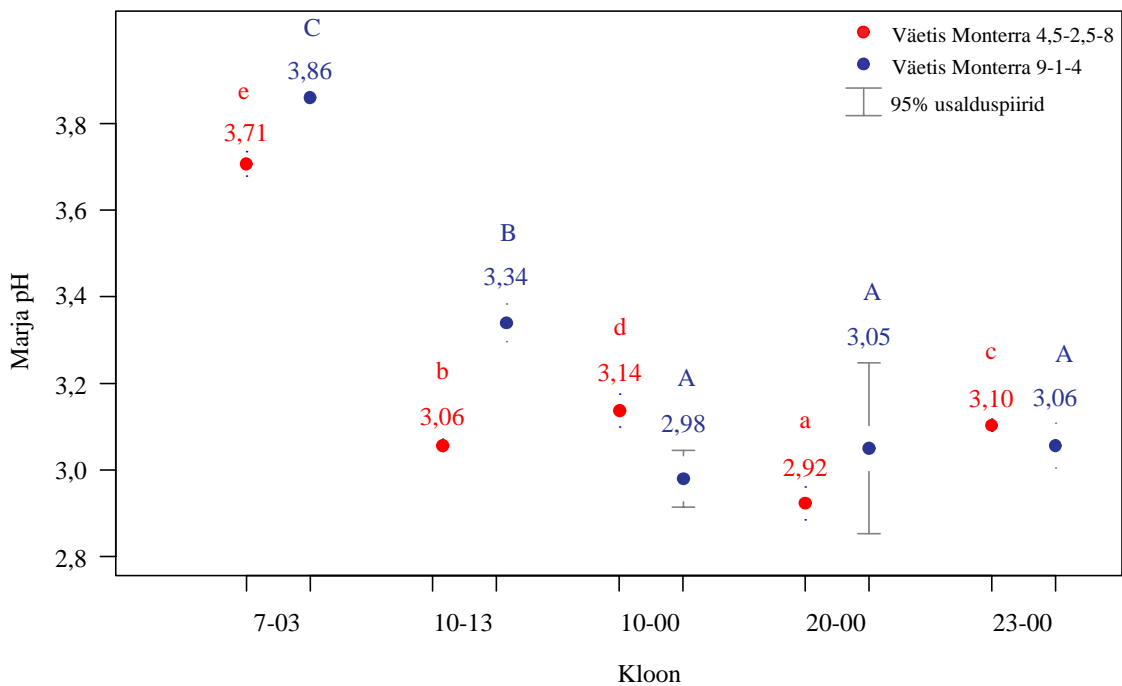
Katseandmete analüüsist selgus, et orgaaniliste hapete sisaldus varieerus piirides 0,379–1,137% ja sõltus genotüübist (ANOVA,  $F_{1,28} = 35,004$ ;  $p = 2,292 \times 10^{-6}$ ) kuid ei sõltunud kasutatud väetisest (ANOVA,  $F_{1,28} = 0,6589$ ;  $p = 0,4238$ ) (joonis 5). Mõlema väetisega oli orgaaniliste hapete sisaldus madalaim kloonil 7-03. Väetisega 4,5-2,5-8 oli see näitaja  $0,379 \pm 0,002\%$  ja väetisega 9-1-4 oli happeid  $0,413 \pm 0,002\%$ . Kõrgeimad näidud olid väetisega 9-1-4 kloonil 20-00 ( $1,137 \pm 0,003\%$ ) ja teise väetisega samuti kloonil 20-00 ( $0,977 \pm 0,008\%$ ).

Marjade keskmine pH oli 3,22. Suurimad pH näitajad olid mõlema väetisega kloonil 7-03 (joonis 6). Väetisega 4,5-2,5-8 oli see näitaja 3,71 ja teise väetisega 3,86. Katses kasutatud väetised pH väärtust statistiliselt erinevalt ei mõjutanud (ANOVA,  $F_{1,28} = 0,4024$ ;  $p = 0,531$ ).

Katsetulemuste põhjal leiti orgaaniliste hapete ja pH vahel tugev negatiivne seos ( $r = -0,85$ ;  $p < 0,05$ ) (joonis 10). Tugev positiivne seos oli orgaaniliste hapete ja rakumahla kuivaine vahel ( $r = 0,85$ ;  $p < 0,05$ ).



**Joonis 5.** Orgaaniliste hapete sisaldused sõltuvalt kasutatud väetisest ja genotüübist. Punktid koos arvvärtusega tähistavad aritmeetilist keskmist. Ühe väetise lõikes erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust kloonide vahel (Tukey test,  $p < 0,05$ )



**Joonis 6.** Marja pH sõltuvalt väetisest ja genotüübist. Punktid koos arvvärtusega tähistavad aritmeetilist keskmist. Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust ühe väetise lõikes (Tukey test,  $p < 0,05$ )

### 3.4. Rakumahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhe

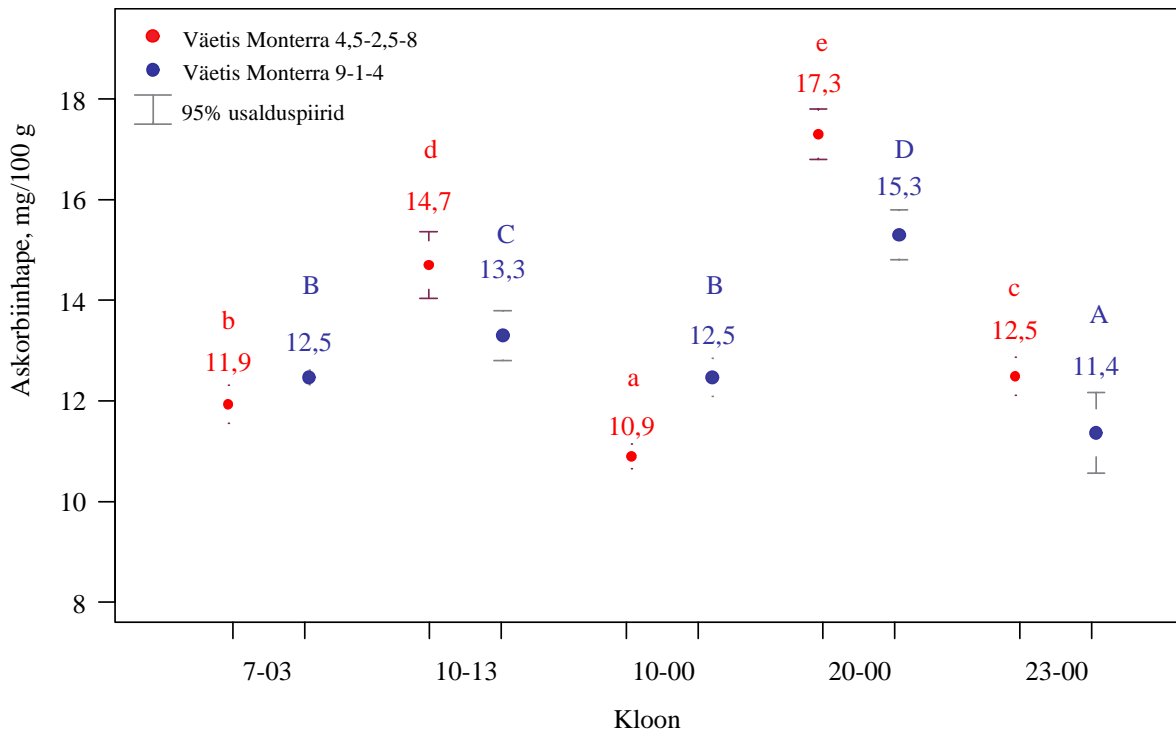
Kümnest variandist kuuel juhul oli suhtarv suurem kui 15 (tabel 5), seega oli nende marjade maitse magus. Mõlemas väetusvariandis olid kõige magusamad kloonid 7-03 viljad, millele järgnes kloon 10-13. Kõige madalama väärtusega olid mõlema väetisega kloonid 20-00 marjad. Statistiliselt erinevalt kaks väetist suhkru- ja hapete suhet ei mõjutanud (ANOVA,  $F_{1,28} = 1,048$ ;  $p = 0,3147$ ).

**Tabel 5.** Rakumahla kuivaine ja orgaaniliste hapete suhtarv sõltuvalt genotüübist ja kasutatud väetisest. Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust ühe väetise lõikes (Tukey test,  $p < 0,05$ ). Väikeste tähtedega on tähistatud väetist 4,5-2,5-8 saanud marjade andmed ja suurte tähtedega väetist 9-1-4 saanud marjad

Kloon	Väetis	Suhkrud/ orgaanilised happed
20-00	4,5-2,5-8	14,3 <sup>a</sup>
	9-1-4	12,4 <sup>A</sup>
10-13	4,5-2,5-8	18,5 <sup>c</sup>
	9-1-4	22,8 <sup>D</sup>
7-03	4,5-2,5-8	31,0 <sup>d</sup>
	9-1-4	24,3 <sup>E</sup>
23-00	4,5-2,5-8	17,3 <sup>b</sup>
	9-1-4	14,8 <sup>C</sup>
10-00	4,5-2,5-8	17,5 <sup>b</sup>
	9-1-4	13,6 <sup>B</sup>

### 3.5. Askorbiinhape

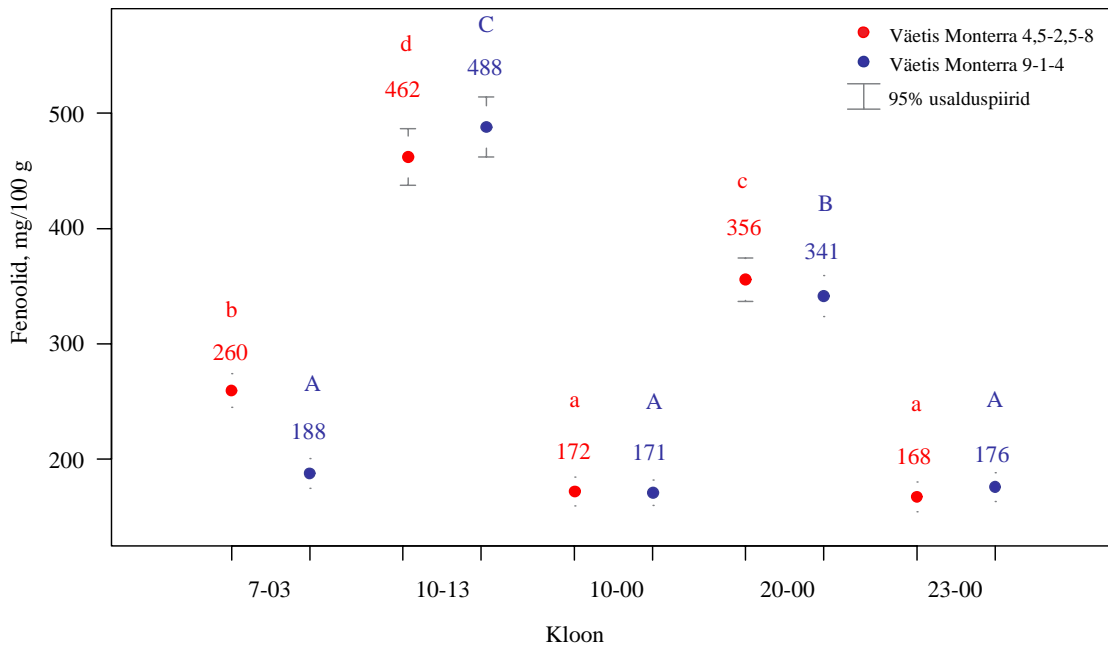
Väetise Monterra Malt 4,5-2,5-8 kasutamisel oli askorbiinhapet kõige vähem kloonis 10-00 ( $10,9 \pm 0,1$  mg/100 g) ja enim kloonis 20-00 ( $17,3 \pm 0,1$  mg/100 g) (joonis 7). Teise väetisega oli samuti kõrgeim näitaja kloonil 20-00 ( $15,3 \pm 0,1$  mg/100 g), millele järgnes kloon 10-13 ( $13,3 \pm 0,2$  mg/100 g). Korrelatsioonanalüüs näitas, et C-vitamiinil oli positiivne seos antotsüaanide ( $r = 0,68$ ;  $p < 0,05$ ) ja fenoolide sisaldusega ( $r = 0,61$ ;  $p < 0,05$ ) (joonis 10).



**Joonis 7.** Marjade askorbiinhappe sisaldused sõltuvalt väetisest ja genotüübist. Punktid koos arvvärtusega näitavad aritmeetilist keskmist. Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust väetiste lõikes (Tukey test,  $p < 0,05$ )

### 3.6 Fenoolide üldsisaldus

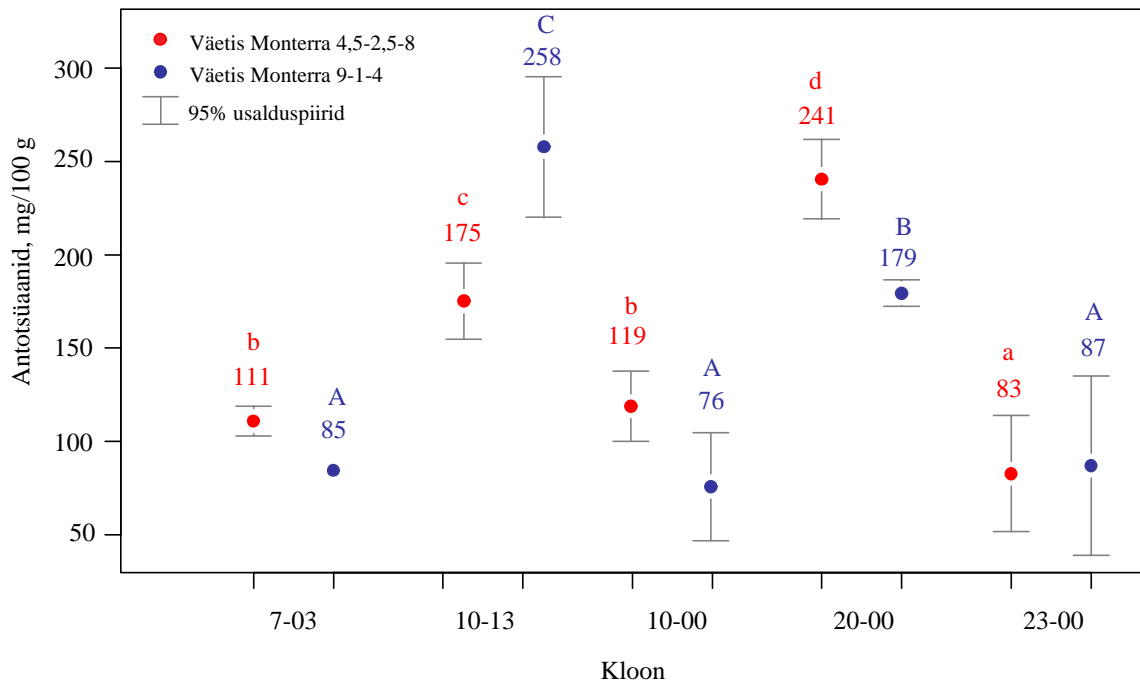
Fenoolide üldsisaldus erines kuni kolm korda (joonis 8). Suurim oli see ahtalehise mustika kloonil 10-13 mõlemas väetusvariandis ( $462 \pm 5,7$  ja  $488 \pm 6,1$  mg/100 g). Fenoolide üldsisaldus oli üle keskmise positiivses seoses askorbiinhappe ( $r = 0,68$ ) ja antotsüaanide ( $r = 0,88$ ) tasemega (mõlemal puhul  $p < 0,05$ ) (joonis 10). Väetusvariantidel statistiliselt olulist erinevust ei olnud (ANOVA,  $F_{1,28} = 0,0552$ ,  $p = 0,8159$ ).



**Joonis 8.** Fenoolide üldsisaldus. Punktid koos arvväertusega tähistavad aritmeetilist keskmist. Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust ühe väetise lõikes (Tukey test,  $p < 0,05$ )

### 3.7 Antotsüaanid

Katses uuritud marjade antotsüaanide sisaldus varieerus üle kolme korra – 76 kuni 258 mg/100 g (joonis 9). Mõlema väetisega olid teistest oluliselt kõrgema sisaldusega kloonide 10-13 ja 20-00 viljad. Väetisega 9-1-4 oli kloonis 10-13 antotsüaan 258  $\pm$  8,7 mg/100 g ja kloonil 20-00 oli vastav näitaja 179  $\pm$  1,6 mg/100 g. Väetisega 4,5-2,5-8 olid kaks kõrgeimate näitajatega klooni 20-00 (241  $\pm$  4,9 mg/100 g) ja 10-13 (175  $\pm$  4,8 mg/100 g). Kaks väetist antotsüaanide taset marjades statistiliselt erinevalt ei mõjutanud (ANOVA,  $F_{1,28} = 0,1267$ ,  $p = 0,7246$ ).



**Joonis 9.** Viljade antotsüaanide sisaldus sõltuvalt kasutatud väetisest ja genotüübist. Punktid koos arvvärtusega tähistavad aritmeetilist keskmist. Erinevad tähed näitavad statistiliselt olulist erinevust väetiste lõikes (Tukey test,  $p < 0,05$ )

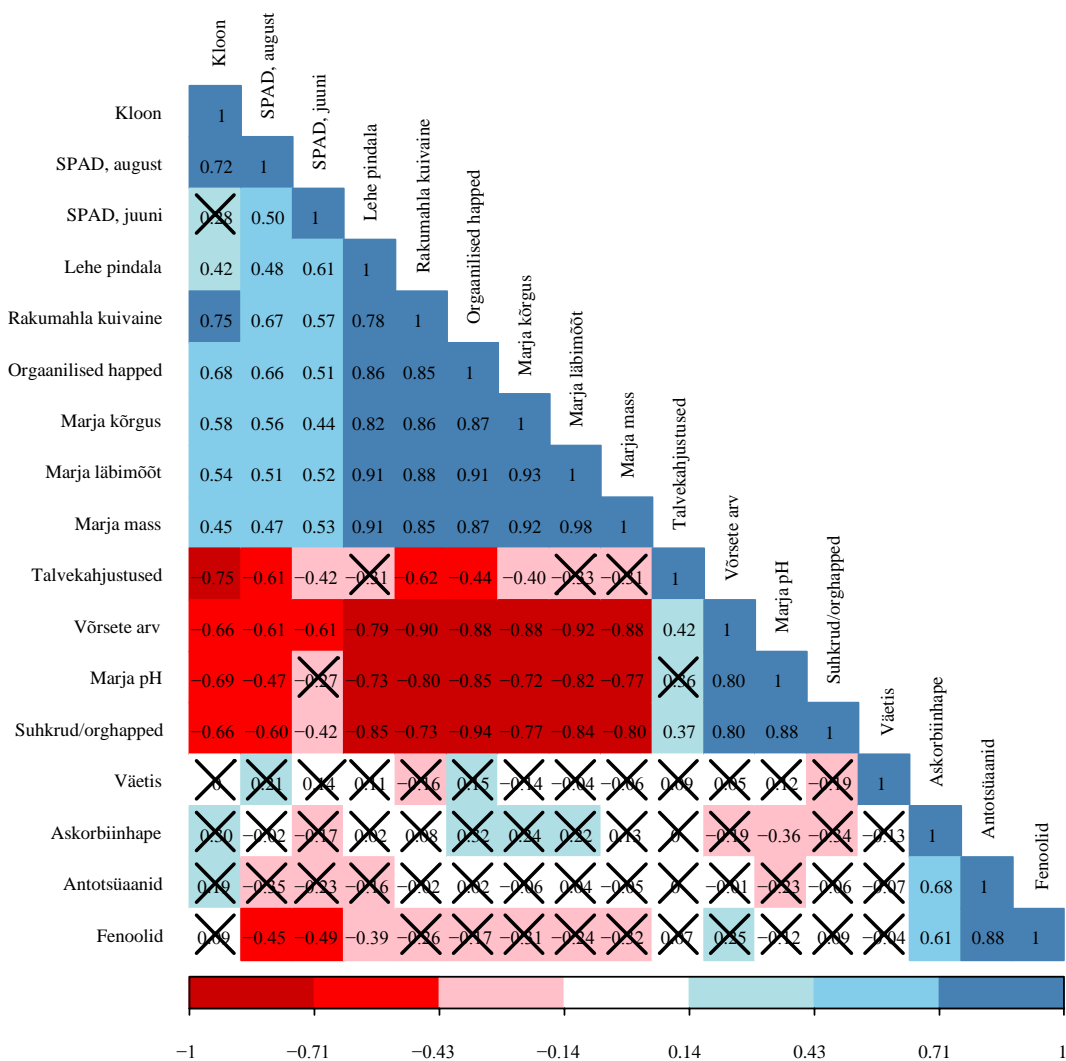
### 3.8. Mulla pH, taimede vegetatiivne kasv ja talvekahjustused

Lisaks analüüsiti väetise mõju mulla pH-le, 10 kloonide vegetatiivse kasvu näitajatele ja talvekahjustustele. Analüüsi tulemusena saadi mulla  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 2,44$  väetise Monterra Malt 4,5-2,5-8 puhul ning  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 2,46$  väetisega Monterra Malt 9-1-4. Enne taimede istutamist 2010. aastal oli mulla  $\text{pH}_{\text{KCl}} = 2,6$  (Tasa jt 2012). Statistiliselt olulist erinevust lähtuvalt väetistest katses ei leitud (t-test,  $t = 2,45$ ;  $p = 0,07$ ). Ühefaktorilises dispersioonanalüüsis selgus, et vegetatiivset kasvu ja talvekahjustuste taset väetised statistiliselt erinevalt ei mõjutanud (tabel 6). Genotüüp mõjutas vegetatiivse kasvu näitajaid kuid ei mõjutanud talvekahjustuste ulatust.



**Tabel 6.** Dispersioonanalüüsi tulemused mustikapõõsaste vegetatiivsete näitajate ja talvekahjustuste seostest genotüübi ja väetisega. Tärnid tähistavad statistilise olulisuse nivood: \*  $p < 0,01$ ; \*\*  $p < 0,001$ ; \*\*\*  $p < 0$

Näitaja	Väetis		Kloon	
	$F_{1,58}$	p	$F_{1,58}$	p
Põõsa kõrgus	0,6173	0,4353	9,6291	0,0029 **
Põõsa läbimõõt	0,5048	0,4802	11,5880	0,0012 **
Võrsete arv	0,2133	0,6459	24,9590	$5,703 \times 10^{-6}$ ***
Lehe pindala	0,0463	0,8303	4,3836	0,0406 *
SPAD, juuni	0,0337	0,8550	8,4150	0,0052 **
SPAD, august	1,0182	0,3171	26,8450	$2,905 \times 10^{-6}$ ***
Talvekahjustused	0,3302	0,5678	0,3302	0,5678



**Joonis 10.** Analüüsitud näitajate korrelatsioonimaatriks. Ristiga on märgitud statistiliselt ebaolulised seosed ( $p > 0,05$ )

## 4. ARUTELU

Selles katses kaks kasutatud väetist talvekindlust ja vegetatiivse kasvu näitajaid erinevalt ei mõjutanud. Genotüüp mõjutas küll vegetatiivset kasvu kuid ei mõjutanud talvekahjustuste ulatust. Talvekahjustuste tasemele ja saagi moodustumisele avaldasid mõju 2015. ja 2016. aasta ebasoodsad ilmastikutingimused (tabel 3 ja joonis 2). 2015. aasta sügis oli väga kuiv, millele järgnes suurte temperatuurikõikumistega talv. Kuiv sügis takistas taimel varuainete sünteesi, suured temperatuurimuutused pärast füsioloogilise puhkefaasi lõppemist põhjustasid pungadele ja kogu taimele olulisi kahjustusi (Charrier jt 2015), mida võis kevadel näha katses olnud mustikapõõsastel. Lisaks mõjutab taimede talvekahjustuste ulatust mikrokliima – turbaväljadel on täheldatud rohkem kahjustusi kui mineraalmullal (Tasa jt 2012). Marjade biokeemilise koostise määramiseks saadi piisavalt marju ainult viielt kloonilt.

Kahest kasutatud väetistest sisaldas Monterra Malt 9-1-4 kaks korda rohkem lämmastikku kui Monterra Malt 4,5-2,5-8 (tabel 2). Esimeses väetises oli ka loomset päritolu koostisosi, mis peaksid lagunema kiiremini kui taimsed jäänused, kuid tulemused väetiste erinevat mõju ühelegi uuritud parameetrile ei näidanud. Granuleeritud väetis pandi turbamulla pinnale, kus see laguneb suhteliselt aeglaselt ja seetõttu muutuvad toitained taimedele kättesaadavaks hilises arengufaasis. Lisaks oli 2016. aasta maikuu väga sademetevaene, mis takistas väetiste lagunemist ja taimedele omastatavaks muutumist (tabel 3). Mustikataimed kasutavad lämmastikku aga kõige rohkem alates õitsemise algusest kuni viljade valmimiseni (Throop ja Hanson 1997). Samuti võis lämmastiku taset mullas mõjutada nitrifikatsioon, mille käigus amooniumlämmastik muudetakse nitraatlämmastikuks, mis omakorda lendub või leostub (Zebarth jt 2015). Seega peaks väetiseid andma rohkem juurte piirkonda (tilkkastmine) ja kasutama lisaks luu- ja sulejahule väetiseid, mille komponendid lagunevad kiiremini ja toiteelemendid muutuvad taimedele omastatavaks lühema aja jooksul. Selline materjal on näiteks kalaemulsioon (Larco jt 2013).

Antud katses mõõdeti hübriidsetel kloonidel 20-00, 23-00 ja 10-00 oluliselt suurem vilja mass, kui ahtalehise mustika kloonidel 7-03 ja 10-13 (tabel 4), mis on ootuspärane. Võrdluseks võib tuua Eestis turbamullal kasvatatud hübriidsordi 'Northblue' marjade andmed, mille kahe aasta keskmine mass oli 1,75 g, kõrgus 10,0 mm ja läbimõõt 14 mm (Tasa jt 2012). Katses olnud hübriidide viljad jäid väiksemaks võrreldes Tasa jt (2012) poolt analüüsitud marjadega. Ahtalehise mustika kloonide 7-03 ja 10-13 marjade mass oli aga Noormetsa jt (2002) saadud tulemustest (kolme aasta keskmine 0,55 g) suurem.

Koos marja mõõtmetega suurenes ka selle mass ja rakumahlas lahustunud kuivainete sisaldus, seega oli suurema marja koostises rohkem suhkruid. Mõlemas väetusvariandis oli suurem suhkrute sisaldus hübriidsetes marjades (kloonid 10-00, 20-00 ja 23-00). Kirjanduse andmetel oli mineraalmullal kasvatatud sordil 'Northblue' suhkrute sisaldus 11,5 g/100 g (Starast jt 2007). Selles katses ületasid kõik kolm hübriidset kloonid selle näitaja. Starast jt (2007) andmetel oli ahtalehise mustika rakumahlas lahustunud kuivaineid 14,5 g/100 g, millest antud katses olnud kloonide 7-03 ja 10-13 marjad sisaldasid suhkruid 18–30% vähem. Samas suhkrute akumulereumist marjades mõjutavad oluliselt nii ilmastikutingimused (temperatuur ja valgus) kui ka väetamine ning seetõttu võivad tulemused olla aastate ja kasvukohtade lõikes väga erinevad (Albert jt 2011, Skupień 2006).

Lisaks suhkrutele mõjutavad marja maitset ja selle läbi ostjate eelistusi hapete sisaldus ja suhkrute ja hapete omavaheline suhe marjades. Bremer jt (2008) jõudsid järeldusele, et hoolimata kõrge suhkrute sisaldusest ei meeldinud tarbijatele marjad, mille tiitritavate hapete sisaldus jäi alla 0,3%. Selles töös oleva kloonid 7-03 viljade suhkrute ja tiitritavate hapete omavaheline suhe oli küll kõrge, kuid hapete sisaldus piiri peal, seega võivad ostjad eelistada teiste genotüüpide mustikaid, milles suhkrute ja hapete suhe on arvuliselt väiksem kuid maitse paremini tasakaalus, nagu ahtalehise mustika kloon 10-13.

Mustikad sisaldavad palju fenoolseid ühendeid, mis annavad marjadele kõrgeid antioksüdatiivsed omadused. Kalt jt (2001) ja Remberg jt (2006) andmetel on kultuurmustikate fenoolsed ühendid peamiselt marjakestas ning väiksemates marjades on kesta ja viljaliha suhe suurem kui suurtes marjades, seda seostatakse suurema fenoolsete ühendite sisaldusega ahtalehises mustikas, kuid antud töös sellist otsest seost ei ilmnenu.

Antotsüaanid annavad mustikamarjadele nendele iseloomuliku intensiivse sinise värvuse. Selles katses olid teistest oluliselt kõrgemate näitajatega kloonid 10-13 ja 20-00. Antotsüaanide sisaldust kloonis 10-13 võib võrrelda Alberti jt (2011) saadud andmetega, kus kõrgeim antotsüaanide tase erinevates väetusvariantides oli keskmiselt 259 mg/100 g. Selles katses oli see näitaja 258 mg/100 g. Starast jt (2007) andmetel jäi sordi 'Northblue' antotsüaanide tase peaaegu kaks korda madalamaks kui ahtalehisel mustikal. Antud töös nii suurt erinevust kahel kõige enam antotsüaane sisaldanud kloonil ei leitud. Antotsüaanide akumulereumisele viljas avaldavad mõju nii kasvukeskkond kui agrotehnika, kuid üks olulisemaid rolle on genotüübil. Lähemalt on uuritud geene, mis mõjutavad hariliku mustika (Jaakkola jt 2002) ja kännasmustika (Gupta jt 2015) antotsüaanide sünteesi kuid andmeid konkreetsete geenide avaldumise seoste kohta on veel vähe.

Marjad, mida tarbijad ostaksid peaksid olema suured, samas hea maitse ja lõhnaga ning sisaldama palju antioksüdatiivsete omadustega ühendeid, nagu fenoolid ja antotsüaanid (Saftner jt 2008, Gilbert jt 2014). Viiest uuritud genotüüpest olid küll teistest suuremad viljad kloonidel 10-00 ja 20-00, kuid nende suurus jäi alla varasemates uuringutest saadud tulemustele ning fenoolide ja antotsüaanide tase oli samal tasemel.

## KOKKUVÕTE

Kultuurmustikate nõudlus ja tootmine kasvavad nii maailmas kui Eestis pidevalt. Tootjatele on paremaks protsessi planeerimiseks vajalik erinevate sortide valik, samas tarbijad ootavad tervislikke marju, mis on kõrgete antioksüdatiivsete omadustega ja ka maitsvad.

Antud töö eesmärgiks oli uurida genotüübi ja kahe maheviljelusse lubatud väetise mõju kultuurmustika viljade biokeemilisele koostisele mahajäetud freesturbavälja tingimustes. Eesmärkide saavutamiseks analüüsiti 2016. aastal Marjasoo talus katses oleva 10 genotüübi vegetatiivseid näitajaid ja 5 genotüübi viljade biokeemilist koostist.

Uurimuse hüpotees oli sõnastatud järgnevalt: kultuurmustika genotüüp ja kasutatud kaks väetist mõjutavad erinevalt nende marjade biokeemilist koostist maheviljeluse tingimustes. Lisaks omavad genotüüp ja väetised koosmõju mustikate biokeemilisele koostisele. Hüpoteesid leidsid kinnitust vaid osaliselt – väetistel erinevat mõju ega genotüübiga koosmõju marjade biokeemilisele koostisele ei leitud. Genotüüp mõjutas kõiki uuritud biokeemilisi näitajaid.

Katses olnud kümnest genotüübist võib esile tõsta viis, millelt hoolimata ebasobivatest ilmastikutingimustest saadi saaki, need olid kloonid 7-03, 10-13, 10-00, 20-00 ja 23-00. Analüüsides tulemusena kahel kasutatud väetisel marjade biokeemilisele koostisele, vegetatiivse kasvu näitajatele ja talvekahjustustele statistilist erinevust ei leitud. Põhjused, miks erineva lämmastiku sisaldusega väetised ei mõjutanud taimi erinevalt võisid olla nende andmise viis (mulla pinnale) ja väetiste tootmisel kasutatud komponendid. Edaspidiste uurimistööde teemana saab välja tuua maheväetiste erinevate komponentide lagunemise ja omastamise taimede poolt väga happelises turbamullas ning nende taime vajadustega sünkroniseerimise võimalusi. Mõju erinevuste puudumise tõttu ei saa soovitada üht või teist katses kasutatud väetist ja tootja peaks lähtuma majanduslikust kalkulatsioonist.

Genotüüp aga mõjutas viljade massi, suurust ja biokeemilisi omadusi. Marjade mass varieerus 0,63 grammist kuni 1,33 grammini. Marja parameetrite suurenedes suurenes ka vilja mass ning suhkrute sisaldus. Orgaanilisi happeid oli kõige vähem klooni 7-03 ja enim klooni 20-00 marjades. Hoolimata sellest, et klooni 7-03 marjades oli suhkrute ja hapete suhtarv kõige kõrgem, võib soovitada klooni 10-13 vilju, milles suhkrute ja hapete vahekord on paremini tasakaalus.

Antioksidatiivsete omadustega ühendite sisalduse poolest eristusid kaks klooni 10-13 ja 20-00, millest ahtalehise mustika kloonil 10-13 olid ka maitseparameetrid tasakaalus ja mille vilja mass oli varasemates katsetes saadud andmetest suurem.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Agriculture and Agri-Food Canada. (2016). Blueberries in the European Union. <http://www.agr.gc.ca/resources/prod/Internet-Internet/MISB-DGSIM/ATS-SEA/PDF/6719-eng.pdf>. (10.03.2017).
2. **Albert, T., Karp, K., Starast, M., Moor, U., Paal, T.** (2011). Effect of fertilization on the lowbush blueberry productivity and fruit composition in peat soil. *Journal of Plant Nutrition*, 34:1489–1496.
3. **Ayaz, F.A., Kadioglu, A., Bertoft, E., Acar, C., Turna, I.** (2001). Effect of fruit maturation on sugar and organic acid composition in two blueberries (*Vaccinium arctostaphylos* and *V. myrtillus*) native to Turkey. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 29:137–141.
4. **Bonfante-Fasolo, P., Gianinazzi-Pearson, V.** (1979). Ultrastructural aspects of endomycorrhiza in the ericaceae. *New Phytologist*, 83(3):739–744.
5. **Bremer, V., Crisosto, G., Molinar, R., Jimenez, M., Dollahite, S., Crisosto, C. H.** (2008). San Joaquin Valley blueberries evaluated for quality attributes. *California Agriculture*, 62(3):91–96.
6. **Bryla, D.R., Strik, B.C., Bañados, M.P., Righetti, T.L.** (2012). Response of highbush blueberry to nitrogen fertilizer during field establishment–ii. plant nutrient requirements in relation to nitrogen fertilizer supply. *HortScience*, 47(4):917–926.
7. **Butterly, C.R., Baldock, J.A., Tang, C.** (2013). The contribution of crop residues to changes in soil pH under field conditions. *Plant Soil*, 366:185–198.
8. **Charrier, G., Ngao, J., Saudreau, M., Améglio, T.** (2015). Effects of environmental factors and management practices on microclimate, winter physiology, and frost resistance in trees. *Frontier in Plant Science*, 6:259. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4411886/> (20.4.2017)
9. **Connor, A.M., Luby, J.J., Tong, C.B.S., Finn, C.E., Hancock, J.F.** (2002). Genotypic and environmental variation in antioxidant activity, total phenolic content, and anthocyanin content among blueberry cultivars. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127:89–97.
10. **Czesnik, E., Eynard, I.** (1989). Mycorrhizal infection level in five cultivars of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 29:67–71.

11. **Ehlenfeldt, M.K., Meredith, F.I., Ballington, J.R.** (1994). Unique organic acid profile of rabbiteye vs. highbush blueberries. *HortScience*, 29(4):321–323.
12. **Gaskell, M., Smith, R.** (2007). Nitrogen sources for organic vegetable crops. *HortTechnology*, 17(4):431–441.
13. **Gibson, L., Rupasinghe, H.P.V., Forney, C.F., Eaton, L.** (2013). Characterization of changes in polyphenols, antioxidant capacity and physico-chemical parameters during lowbush blueberry fruit ripening. *Antioxidants*, 2:216–229.
14. **Gilbert, J.L., Olmstead, J.W., Colquhoun, T.A., Levin, L.A., Clark, D.G.** (2014). Consumer-assisted selection of blueberry fruit quality traits. *HortScience*, 49(7):864–873.
15. **Gupta, V., Estrada, A.D., Blakley, I., Reid, R., Patel, K., Meyer, M.D., Andersen, S.U., Brown, A.F., Lila, M.A., Loraine, A.E.** (2015). RNA-Seq analysis and annotation of a draft blueberry genome assembly identifies candidate genes involved in fruit ripening, biosynthesis of bioactive compounds, and stage-specific alternative splicing. *Gigascience*, 4(1):1–22.
16. **Hart, J., Strik, B., White, L., Yang, W.** (2006). Nutrient management for blueberries in Oregon. *Oregon State University*, 16 pp.
17. **Häkkinen, S.H., Törrönen, A.R.** (2000). Content of flavonols and selected phenolic acids in strawberries and *Vaccinium* species: influence of cultivar, cultivation site and technique. *Food Research International*, 33:517–524.
18. **Ismail, A.A., Kender, W.J.** (1974). Physical and chemical changes associated with the development of the lowbush blueberry fruit *Vaccinium angustifolium* Ait. *Life Sciences and Agriculture Experiment Station Technical Bulletin* 70, 16 pp.
19. **Jaakola, L., Määttä, K., Pirttilä, A.M., Törrönen, R., Kärenlampi, S., Hohtola, A.** (2002). Expression of genes involved in anthocyanin biosynthesis in relation to anthocyanin, proanthocyanidin, and flavonol levels during bilberry fruit development. *Plant Physiology*, 130(2):729–739.
20. **Kalt, W., Ryan, D.A.J., Duy, J.C., Prior, R.L., Ehlenfeldt, M.K., Vander Kloet, S.P.** (2001). Interspecific variation in anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity among genotypes of highbush and lowbush blueberries (*Vaccinium* Section *cyanococcus* spp.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:4761–4767.
21. **Karp, K., Starast, M., Moor, U., Noormets, M.** (2008). Projekt. Puuviljade ja marjade viljelemise tehnoloogiate täiustamine toodangu kvaliteedi, säilivuse ja konkurentsivõime tõstmise eesmärgil. Lõpparuanne. *Eesti Maaülikool. Põllumajandus- ja keskkonnainstituut*, 33 lk. [http://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Kadri\\_Karp\\_PM\\_lpparuanne.pdf](http://www.pikk.ee/upload/files/Teadusinfo/Kadri_Karp_PM_lpparuanne.pdf) (12.03.2017)
22. **Kasurinen, A., Holopainen, T.** (2001). Mycorrhizal colonisation of highbush blueberry and its native relatives in central Finland. *Agricultural and Food Science in Finland*, 10:113–119.



23. **Kelt, K., Lamp, L., Piir, R.** (1997). Puuviljad, marjad, tervis: toiteväärtus, säilitamine ja kodune töötlemine. *Valgus*, 230 lk.
24. **Larco, H., Strik, B. C., Bryla, D. R., Sullivan, D. M.** (2013). Mulch and fertilizer management practices for organic production of highbush blueberry: II. Impact on plant and soil nutrients during establishment. *HortScience*, 48(12):1484–1495.
25. **Li, D., Meng, X., Li, B.** (2016). Profiling of anthocyanins from blueberries produced in China using HPLC-DAD-MS and exploratory analysis by principal component analysis. *Journal of Food Composition and Analysis*, 47:1–7.
26. **Luby, J.J., Wildung, D.K., Stushnoff, C., Munson, S.T., Read, P.E., Hoover, E.E.** (1986). 'Northblue', 'Northsky', and 'Northcountry' blueberries. *HortScience*, 21(5):1240–1242.
27. **Merhaut, D.J., Darnell, R.L.** (1996). Vegetative growth and nitrogen/carbon partitioning in blueberry as influenced by nitrogen fertilization. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(5):875–879.
28. **Miller, S.A., Patel, N., Muller, A., Edwards, D.M., Solomona, S.T.** (2006). A comparison of organic and conventional nutrient management protocols for young blueberry nursery stock. *Acta Horticulturae*, 715:427–432.
29. **Monterra Malt.** <http://www.memon.nl/Products/Agriculture-Horticulture/Ecological-fertilizers/Monterra-Malt> (02.02.2017).
30. **Määttä-Riihinen, K.R., Kähkönen, M.P., Törrönen, A.R., Heinonen, I.M.** (2005). Catechins and procyanidins in berries of vaccinium species and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53:8485–8491.
31. **Nelson, N.O., Janke, R.R.** (2007). Phosphorus sources and management in organic production systems. *HortTechnology*, 17:442–454.
32. **Noormets, M., Karp, K., Starast, M., Paal, T.** (2002). Väetamise mõjust ahtalehise mustika (*Vaccinium angustifolium* Ait.) seemikute saagikujunemisele viljakandvas istanduses ammendatud freesturbaväljal. *Agraarteadus*, lk 293–303.
33. **Paal, T., Starast, M., Noormets-Šanski, M., Vool, E., Tasa, T., Karp, K.** (2011). Influence of liming and fertilization on lowbush blueberry in harvested peat field condition. *Scientia Horticulturae*, 130:157–163.
34. **Panicker, G.K., Sims, C.A., Spiers, J.M., Silva, J.L., Matta, F.B.** (2009). Effect of worm castings, cow manure, and forest waste on yield and fruit quality of organic blueberries grown on a heavy soil. *Acta Horticulturae*, 841:581–584.
35. **Poonnachit, U., Darnell, R.** (2004). Effect of ammonium and nitrate on ferric chelate reductase and nitrate reductase in *Vaccinium* species. *Annals of Botany*, 93:399–405.
36. **Read, D.J.** (1996). The structure and function of the ericoid mycorrhizal root. *Annals of Botany*, 77:365–374.

37. **Remberg, S.F., Wold, A.-B., Kvaal, K., Appelgren, M., Haffner, K.** (2006). An approach towards rapid optical measurements of antioxidant activity in blueberry cultivars. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 80:36–39
38. **Retamales, J.B., Hancock, J.F.** (2012). Blueberries. *CAB International*, 323 pp.
39. Riigi Ilmateenistus. <http://www.ilmateenistus.ee/kliima> (01.01.2017).
40. **Saftner, R., Polashock, J., Ehlenfeldt, M., Vinyard, B.** (2008). Instrumental and sensory quality characteristics of blueberry fruit from twelve cultivars. *Postharvest Biology and Technology*, 49:19–26.
41. **Scagel, C.F., Yang, W.Q.** (2005). Cultural variation and mycorrhizal status of blueberry plants in NW Oregon commercial production fields. *International Journal of Fruit Science*, 5(2):85–111.
42. **Shaw, G., Leake, J.R., Baker, J.M., Read, D.J.** (1990). The biology of mycorrhiza in the *Ericaceae*. XVII. The role of mycorrhizal infection in the regulation of iron uptake by ericaceous plants. *New Phytologist*, 115:251–258.
43. **Skrede, G., Martinsen, B.K., Wold, A.-B., Birkeland, S.-E., Aaby, K.** (2011). Variation in quality parameters between and within 14 Nordic tree fruit and berry species. *Acta Agriculturae Scandinavica. Section B – Soil and Plant Science*, 62:1–16.
44. **Skupień, K.** (2006). Chemical composition of selected cultivars of highbush blueberry fruit (*Vaccinium corymbosum* L.). *Folia Horticulturae*, 18(2):47–56.
45. **Smith, S.E., Read, D.J.** (2008). Mycorrhizal symbiosis. Third Edition. *Academic Press*, 787 lk.
46. **Starast, M.** (2008). Kultuurmustikas. *Maamajandus*, lk 21–23.
47. **Starast, M., Bender, I., Kahu, K., Karp, K., Mänd, M., Pöldma, P., Veromann, E.** (2014). Aiakultuuride kasvatus- ning taimekaitsetehnoloogiate täiustamine toodangu kvaliteedi ja konkurentsivõime suurendamise eesmärgil. *Eesti Maaülikool*, 28 lk.
48. **Starast, M., Karp, K., Paal, T., Värnik, R., Vool, E.** (2005). Kultuurmustikas ja selle kasvatamine Eestis. *Eesti Põllumajandusülikool*, 66 lk.
49. **Starast, M., Karp, K., Vool, E., Moor, U., Tõnutare, T., Paal, T.** (2007). Chemical composition and quality of cultivated and natural blueberry fruit in Estonia. *Vegetable Crops Research Bulletin*, 66:143–153.
50. **Starast, M., Kõljalg, U., Karp, K., Vool, E., Noormets, M., Paal, T.** (2006). Mycorrhizal colonization of half-high blueberry cultivars influenced by cultural practices. *Acta Horticulturae 715. VIII International Symposium on Vaccinium Culture*, 449–454.
51. **Starast, M., Tasa, T., Karp, K., Vool, E., Paal, T.** (2009). Mõnede kannasmustika sortide produktiivsus Lõuna-Eesti tingimustes 2008. a. *Agronomia*, 2009:242–247.
52. **Strik, B.C., Finn, C.E., Moore, P.P.** (2014). Blueberry cultivars for the Pacific Northwest. *A Pacific Northwest Extension Publication*.  
<https://ir.library.oregonstate.edu/xmlui/bitstream/handle/1957/45871/pnw656.pdf>  
 (02.02.2017)

53. **Sullivan, D.M., Bryla, D.R., Costello, R.C.** (2014). Chemical characteristics of custom compost for highbush blueberry. Applied manure and nutrient chemistry for sustainable agriculture and environment. *Springer Science+Business Media Dordrecht*, pp 293–312.
54. **Zebarth, B.J., Forge, T.A., Goyer, C., Brin, L.D.** (2015). Effect of soil acidification on nitrification in soil. *Canadian Journal of Soil Science*, 95(4):359–363
55. **Tasa, T., Starast, M., Jõgar, K., Paal, T., Kruus, M., Williams, I.H.** (2015). Lowbush blueberry plantation age influences natural biodiversity on an abandoned extracted peatland. *Ecological Engineering*, 84:336–345.
56. **Tasa, T., Starast, M., Vool, E., Moor, U., Karp, K.** (2012). Influence of soil type on half-highbush blueberry productivity. *Agricultural and Food Science*, 21:409–420.
57. **Throop, P.A., Hanson, E.J.** (1997). Effect of application date on absorption of <sup>15</sup>nitrogen by highbush blueberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 122(3):422–426.
58. **Vahejõe, K., Albert, T., Noormets, M., Karp, K., Paal, T., Starast, M., Värnik, R.** (2010). Berry cultivation in cutover peatlands in Estonia: Agricultural and Economical Aspects, *Baltic Forestry*. 16(2):264–272.
59. **Valenzuela-Estrada, L.R., Vera-Caraballo, V., Ruth, L.E., Eissenstat, D.M.** (2008). Root anatomy, morphology, and longevity among root orders in *Vaccinium corymbosum* (Ericaceae). *American Journal of Botany*, 95(12):1506–1514.
60. **Vander Kloet, S. P.** (1988). The genus *Vaccinium* in North America. *Ottawa: Research Branch*, 201 pp.
61. **Vohník, M., Sadowsky, J.J., Lukešová, T., Albrechtová J., Vosátka, M.** (2012). Inoculation with a ligninolytic basidiomycete, but not root symbiotic ascomycetes, positively affects growth of highbush blueberry (*Ericaceae*) grown in a pine litter substrate *Ligninolytic basidiomycete* enhances growth of blueberry. *Plant Soil*, 355:341–352.
62. **Wach, D.** (2008). Estimation of growth and yielding of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivated on soil developed from weakly loamy sand. *Folia Horticulturae*, 20(2):47–55.
63. **Wang, S.Y., Chen, C.-T., Sciarappa, W., Wang, C.Y., Camp, M.J.** (2008). Fruit quality, antioxidant capacity, and flavonoid content of organically and conventionally grown blueberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14):5788–94.
64. **Warman, P.R., Shanmugam, S.G.** (2008). Effect of organic amendments on half-highbush blueberry production and soil fertility. *International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology*, pp. 569–579.
65. **White, S.A., Klingeman, W.E.** (2014). IPM for shrubs in Southeastern U.S. nursery production. Volume I. *Southern Nursery IPM working group, Clemson, SC in cooperation with the*

<https://clmson.app.box.com/s/tlmpw4xp3a3q3j0z5h04w760g1vqbek7> (01.02.2017)

66. **Wojcik, P.** (2005). Response of 'Bluecrop' highbush blueberry to boron fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 28:1897–1906.

# **THE INFLUENCE OF GENOTYPE AND FERTILISATION ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION OF BLUEBERRIES IN ORGANIC FARMING CONDITIONS**

## **SUMMARY**

The demand for blueberry cultures and their production keep constantly growing in Estonia and in the rest of the world. The choice between different varieties is important for producers in order to better plan the process, and at the same time consumers expect healthy berries which have high anti-oxidizing properties and a great taste.

The goal of the thesis at hand is to research the effect of genotype and the two allowed fertilisers in organic farming to the biochemical composition of blueberry cultures when grown in the conditions of a harvested peat fields. To achieve said goals, the author analysed the vegetative indicators of 10 genotypes tested in Marjasoo farm in 2016 and the biochemical composition of genotypes of 5 different fruits.

The research hypothesis was worded as follows: the genotype of blueberry cultures and the two fertilisers used, affect the biochemical composition differently in organic production conditions. In addition, the genotype and fertilisers have interaction on the biochemical composition of blueberries. The hypotheses found only partial confirmation as the fertilisers had no separate effects either with or without the genotype and had no interaction to the biochemical composition of berries. Genotype affected all researched biochemical indicators.

Out of the ten genotypes used in the experiment, we can highlight five, which bore berries despite the unsuitable climatic conditions, which were the clones 7-03, 10-13, 10-00, 20-00, and 23-00. The results of the analysis found no statistical variations between the two fertilisers' effects on the biochemical composition of the berries, vegetative growth indicators, and winter damage to the plants. The reasons why fertilisers with different

amounts of nitrogen in them had no different effects on the plants, might have come from different method of delivery (on the soil surface) and the components used in the production of said fertilisers. Further research can be done on the topics of decomposing the components of organic fertilisers and their intake by plants in a highly acidic peat soil and opportunities to do with synchronizing such topics with the needs of the plants. Since the absence of variations, suggestions about fertiliser preferences cannot be offered and the entrepreneur should choose from an economic standpoint.

However, genotype affected the mass of the berries, their size, and biochemical properties. The mass of the berries varied from 0.63 grams to 1.33 grams. When the parameters of the berry increased, so did the mass of the berry as did the sugar content. The least amount of organic acids was in the clone 7-03 and the most in the berries of the clone 20-00. Regardless, that the berries of the clone 7-03 had the highest ratio of sugars and acids, the suggested berries are of the clone 10-13 where the balance of sugars and acids are in a better balance.

Two clones (10-13 and 20-00) differentiated from the rest by their antioxidants content, of which the lowbush blueberry clone 10-13 had a balance to its taste parameters and its berry mass was greater from those which was data gathered in previous experiments.